

Marko Aro

Pilvipalvelut: Microsoft Azure vs. Amazon Web Services

Opinnäytetyö

Kevät 2016

SeAMK Tekniikka

Tietotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Tietotekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Ohjelmistotekniikka

Tekijä: Marko Aro

Työn nimi: Pilvipalvelut: Microsoft Azure vs. Amazon Web Services

Ohjaaja: Hilkka Niemelä

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 77

Liitteiden lukumäärä: 0

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua kahteen suosittuun pilvipalveluntarjoajaan, Microsoft Azureen ja Amazon Web Serviceen, sekä vertailla miten ne eroavat toisistaan ominaisuuksiltaan, palveluiltaan ja hinnoittelultaan. Opinnäytetyön tavoitteena oli antaa hyvä yleiskuva vertailtavista pilvipalveluntarjoajista, niiden tarjoamista palveluista, ja niiden sopivuudesta yrityksen pilviratkaisuksi. Vertailu tehtiin yrityksen näkökulmasta.

Työn alussa tarkasteltiin pilvipalveluita yleisesti sekä niiden historiaa, tärkeimpiä toiminta- ja käyttöönottomalleja, hyötyjä, riskejä ja tietoturvaa. Vertailtavista palveluntarjoajista esiteltiin keskenään vastaavanlaiset ja eniten käytetyt palvelut. Palveluista esitettiin keskeisimmät ominaisuudet ja palveluiden hinnat. Vertailussa esitettiin Microsoft Azuren ja Amazon Web Servicen keskenään vertailtavissa olevia palveluita rinnakkain. Vertailun helpottamiseksi käytettiin työkaluna taulukkoja. Vertailussa myös käytötestattiin molempia palveluntarjoajia ilmaisen kokeilun rajoissa, sekä luotiin yksinkertaiset virtuaalikoneet molempien yritysten palveluita käyttäen.

Vertailussa selvisi että kilpailu pilvipalveluntarjoajien välillä on kova. Molemmat pilvipalveluntarjoajat ovat kilpailuttaneet palvelunsa ja hinnoittelunsa niin, että erot tarjottujen palveluiden välillä ovat palveluiden yksityiskohtiin liittyviä. Tietyn palvelun ominaisuuksien sopivuus yritykselle on yrityskohtaista. Käyttämällä molempien palveluntarjoajien tarjoamia palveluita, yrityksellä ei ole vaarana lukkiutua vain yhteen pilvipalveluntarjoajaan. Useiden pilvipalveluntarjoajien hyödyntäminen yrityksen toiminnassa vähentää myös riskejä. Samalla yritys hyötyy monipuolisemmasta palvelujen kirjosta.

Avainsanat: Pilvipalvelut, Microsoft Azure, Amazon WebServices

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Information Technology

Specialisation: Software Engineering

Author: Marko Aro

Title of thesis: Cloud computing: Microsoft Azure vs. Amazon Web Services

Supervisor: Hilkka Niemelä

Year: 2016

Number of pages: 77

Number of appendices: 0

The purpose of this thesis was to explore two popular cloud providers, Microsoft Azure and Amazon Web Services, as well as to compare how they differ in characteristics, and in terms of services and pricing. The aim of this thesis was to give a good overview of the selected cloud providers, the services they provide and their suitability for a company's cloud solution. The comparison was made from the companies' point of view.

At the beginning of the thesis the selected cloud services were examined in general. The examination included history, the most important deployment models, benefits and risks, and information security. The selected cloud providers' corresponding and most used services were introduced. Also the services' basic features and prices were presented. In the actual comparison the cloud providers' services were presented side by side. Tables were used as a tool in the comparison part to ease the comparison. In the comparison both the cloud providers were also tested in general within the free trial period, and also simple virtual machines were created, using the services of both cloud providers.

The comparison revealed that competition between cloud providers is tough. As both companies have quite similar services and pricings, so the differences can be mainly found in the details of the services. The suitability of particular service characteristics for a customer company is company-specific. By using the services of both the cloud providers, the customer company has no risk of getting locked with one cloud provider only. At the same time the customer company spreads the risks and benefits from a diversified spectrum of services.

Keywords: cloud services, Microsoft Azure, Amazon Web Services

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	8
1 JOHDANTO	11
1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusongelma	12
1.2 Työn rakenne	12
2 PILVIPALVELUT	13
2.1 Pilvipalveluiden ominaispiirteet	13
2.2 Pilvipalveluiden historia	14
2.3 Pilvipalvelumallit.....	16
2.3.1 Software as a Service - Sovellukset palveluna	17
2.3.2 Platform as a Service - Sovellusala palveluna	19
2.3.3 Infrastructure as a Service - Infrastruktuuri palveluna	20
2.4 Pilvityypit	21
2.5 Pilven kuutiomalli	22
2.6 Pilvipalveluiden hyödyt ja riskit.....	24
2.7 Tietoturva	30
3 PILVIPALVELUNTARJOAJIA	33
3.1 Microsoft Azure	34
3.1.1 Azure Virtual Machines	34
3.1.2 Azure Blob Storage.....	39
3.1.3 Azure Premium Storage.....	42
3.1.4 Azure SQL Database	43
3.1.5 Azure Redis Cache	46
3.1.6 Azure Log Analytics	48
3.1.7 Azure HDInsight.....	49
3.1.8 Azuren ilmainen kokeilujakso.....	52
3.2 Amazon Web Services	52

3.2.1 Elastic Compute Cloud, EC2.....	53
3.2.2 Simple Storage Service, S3	55
3.2.3 Elastic Block Storage, EBS	56
3.2.4 Relational Database Service, RDS	58
3.2.5 ElasticCache	58
3.2.6 CloudWatch	59
3.2.7 Elastic MapReduce	60
3.2.8 Amazon Web Servicen ilmainen kokeilujakso.....	61
4 VERTAILU JA POHDINTA	62
5 YHTEENVETO.....	70
LÄHTEET	72
LIITTEET	76

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Pilvipalveluarkkitehtuurin kolme yleisintä kerrosta	16
Kuvio 2. Esimerkkejä pilvipalvelu tarjonnasta	17
Kuvio 3. Sovellukset palveluna -malli	18
Kuvio 4. Sovellusaluista palveluna -malli	19
Kuvio 5. Infrastruktuuri palveluna -malli	21
Kuvio 6. Jericho Forumin kuutiomalli	23
Kuvio 7. Pilvipalveluihin liittyviä käsitteitä.....	25
Kuvio 8. Pilvipalvelun mahdollistaneita tekijöitä	26
Kuvio 9. Julkisten pilvipalveluiden markkinat 2010–2016	33
Kuvio10. EC2-instanssityypit	53
Taulukko 1. Microsoft Azuren ACU-lista	35
Taulukko 2. Microsoft Azuren perustason instanssit Windows-virtuaalikoneelle....	36
Taulukko 3. Microsoft Azuren Standard-tason instanssit Windows-virtuaalikoneelle	37
Taulukko 4. Microsoft Azuren A8–A11-instanssit Windows-virtuaalikoneelle	38
Taulukko 5. Microsoft Azuren block blobs -kustannukset	41
Taulukko 6. Microsoft Azuren page blobs	42
Taulukko 7. Microsoft Azuren Page Blob Premium Storage	43
Taulukko 8. Microsoft Azuren SQL Databasen Basic-taso	45

Taulukko 9. Microsoft Azuren SQL Databasen Standard-taso.....	45
Taulukko10. Microsoft Azuren SQL Databasen Premium-taso.....	46
Taulukko 11. AWS:n S3 -palvelun hintataulukko Irlannin konesalista.....	56
Taulukko 12. Amazonin EBS-palveluiden hinnasto Irlannin konesalista	57
Taulukko 13. CloudWatch-palvelun hinnasto Irlannin konesalista.	59
Taulukko 14. Azuren ja AWS:n samankaltaiset pilviominaisuudet	62
Taulukko 15. Azuren ja AWS:n samankaltaisten Windows-instanssien vertailu ...	63
Taulukko 16. Azuren ja AWS:n pienimmät tarjotut Windows-instanssit	64
Taulukko 17. Azuren ja AWS:n suurimmat tarjotut Windows-instanssit	64
Taulukko 18. Azuren ja AWS:n pilvitallennusvertailu	65
Taulukko 19. Azuren ja AWS:n VPC-hinnoittelu	67
Taulukko 20. Palveluntarjoajien tukemat ohjelmointikielet	67

Käytetyt termit ja lyhenteet

ACU	Azure computing unit, Microsoftin käyttämä yksikkö las-kentateholle.
AMI	Amazon Machine Image on virtuaalipalvelin, jonka Elastic Computing Cloud tarjoaa palveluna.
AWS	Amazon Web Service. Amazonin tarjoama pilvipalveluko-konaisuus.
Azure	Microsoftin pilvipalvelukokonaisuus.
Bigdata	Tietotekniikassa yleisesti käytetty termi nopeasti kasva-vasta ja monipuolistuvasta datasta.
BpaaS	Business Process as a Service, liiketoimintaprosessi palveluna.
Blob	Binary Large Object, Microsoftin tarjoama palvelu, jossa tallennetaan suuria binääriobjekteja.
Cloud	Tietotekniikassa yleisesti käytetty termi, jolla viitataan in-ternettiin.
Cloud computing	Pilvitoimintamalli, jonka kautta voidaan luopua fyysisistä konesaleista.
Community cloud	Yhteisöllinen pilvi, pilvipalveluiden käyttöönottotapa, jossa pilvipalveluinfrastruktuuri on useamman kuin yhden orga-nisaation yhteisomistuksessa ja -käytössä.
EC2	Elastic Compute Cloud, Amazonin tarjoama palvelu, jossa voidaan luoda instansseja eli virtuaalikoneita.
ECU	Elastic Computing Unit, Amazonin käyttämä yksikkö pro-cessorin teholle (1,0 - 1,2 GHz).

GRS	Microsoft Azuren Blob Storage -palvelun käyttämä hajautusvaihtoehto. Maantieteellisesti hajautettu.
Hadoop	Apache Hadoop on ohjelmistokehys, joka mahdollistaa suuren tietomäärän omaavien hajautettujen sovellusten rakentamisen.
Hybridcloud	Hybridipilvi, pilvipalveluiden käyttöönottotapa, jossa yhdistyy yksityinen ja julkinen pilvi.
IaaS	Infrastructure as a Services, infrastruktuuri palveluna on pilvipalveluarkkitehtuurin kerros.
IDS	Intrusion Detection System, verkkohyökkäysten havainnointiin käytetty ohjelmisto tai laite.
IDPS	Intrusion Detection And Prevention System, IDS-laitetta kehittyneempi versio, joka osaa verkkohyökkäysten havainnoinnin lisäksi ryhtyä autonomisesti itse toimenpiteisiin verkon suojaamiseksi.
LRS	Microsoft Azuren Blob Storage -palvelun käyttämä hajautusvaihtoehto. Paikallisesti hajautettu.
MapReduce	Massiivisten datamäärien (Big Data) analyysiin tarkoitettu palvelu.
Multitenant	Termillä tarkoitetaan sitä, että palveluntarjoajan tekninen ympäristö on yhteinen kaikille asiakkaille.
NIST	National Institute of Standards and Technologies.
NoSQL	Tietokantoja, joissa on normaalia relaatiotietokantaa kevyemmät toiminnot.
PaaS	Platform as a Service, alusta palveluna on pilvipalveluarkkitehtuurin kerros.

Privatecloud	Yksityinen pilvi, pilvipalveluiden käyttöönottotapa, jossa pilvipalveluinfrastukturi on vain yrityksen omistuksessa ja vain yrityksen omassa käytössä.
Public cloud	Julkinen pilvi, pilvipalveluiden käyttöönottotapa, jossa pilvipalvelut ostetaan palveluntarjoajalta.
RA-GRS	Microsoft Azuren Blob Storage -palvelun käyttämä hajautusvaihtoehto. Lukuoikeudellinen maantieteellisesti hajautettu.
SaaS	Software as a Service, sovellus palveluna on pilvipalveluarkkitehtuurin kerros.
SLA	Palvelutasosopimus.
VM	Virtual Machine, virtuaalikone.
VPN	Virtual Private Network, tekniikka, jolla luodaan turvallisia tunneleita internetverkkoon.
ZRS	Microsoft Azuren Blob Storage -palvelun käyttämä hajautusvaihtoehto. Alueellisesti hajautettu.

1 JOHDANTO

Jo 1960-luvulla esitettiin idea, jossa tietokonekapasiteettia voitaisiin hankkia tulevaisuudessa samalla tavalla kuin vettä ja sähköä, mutta ensimmäiset viittaukset pilvilaskennasta esitettiin vasta 2000-luvun vaihteessa. Pilvipalvelussa tietokoneen laitteisto, sovellukset ja muut tietotekniikkaresurssit vuokrataan netistä eli ”pilvestä”. Näin päästään eroon perinteisestä toimintamallista, eli pystytään luopumaan fyysisistä konesaleista. Houkuttelevaksi pilvipalvelut tekee huokea hinta, lähes rajaton kapasiteetti sekä nopea ja vaivaton käyttöönotto, kun taas eniten epärointiä herättää tietoturva. Tietoturvariskeistä huolimatta pilvipalveluiden suosio on suuressa nousussa niin yritysmaailmassa kuin yksittäisillä käyttäjilläkin. (Heino 2010, 32–33; Salo 2012, 16–17.)

Päätelaitteet ja langattomat yhteydet kehittyvät vuosi vuodelta. Samoin pilvipalveluiden käyttömahdollisuudet ja palveluntarjoajat lisääntyvät. Organisaatioiden haasteena pilvipalveluratkaisuun siirtymisessä on oikean palveluntarjoajan löytäminen, sekä uuden tekniikan käyttöönotto. (Salo 2010, 79–81.)

Suomessa pilvimarkkinat ovat yhä suuremmassa kasvussa. Liikenne- ja viestintäministeriön toimeksiantamassa tutkimuksessa ”Suomalainen pilvimaisema” suomalaisen pilvipalvelumarkkinoiden (2012) kooksi arvioitiin n. 140 miljoonaa euroa, ja vuoteen 2015 mennessä markkinoiden arvioitiin kasvavan n. 380 miljoonaan euroon. Pilvipalvelumarkkinoiden vuosittaisen kasvun arvioitiin olevan n. 40 %. (Suomalainen pilvimaisema 2013, 18.)

Suomessa toimivat suurimmat ICT-palveluyritykset ovat liikevaihdon mukaisessa järjestyksessä Tieto, HP, Fujitsu, Logica ja IBM. Ne kaikki ilmoittavat tarjoavansa pilvipalveluita SaaS-, IaaS- ja PaaS-palveluina. (Suomalainen pilvimaisema 2013, 23.)

Pilvipalvelut ovat varsin ajankohtainen aihe, ja ne ovat mittava mahdollisuus yrityksille, jotka haalivat menestystä ja säästöjä nyt ja tulevaisuudessa. Tutkimuksen aihe saatiin Sofor Oy:ltä, ja tutkimuksen toimeksianto suoritetaan Seinäjoen ammattikorkeakoululle.

1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusongelma

Tutkimuksessa tarkastellaan pilvipalveluita yleisesti ja niiden tärkeimpiä piirteitä. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää miten kaksi suosituinta pilvipalveluntarjoajaa, Microsoft Azure ja Amazon Web Service, eroavat toisistaan ominaisuuksiltaan, palveluiltaan ja hinnoittelultaan. Työn tavoitteena on antaa hyvä yleiskuva vertailtavista pilvipalveluntarjoajista ja niiden sopivuudesta yrityksen pilviratkaisuksi.

1.2 Työn rakenne

Luvussa 2 tarkastellaan yleisemmin pilvipalvelun käsitettä, sekä niiden historiaa, tärkeimpiä toiminta- ja käyttöönottomalleja, hyötyjä, riskejä ja tietoturvaa. Luvussa 3 esitellään opinnäytetyössä vertailtavat pilvipalveluntarjoajat, Microsoft Azure ja Amazon Web Services. Esittelyssä paneudutaan esittelemään niiden tärkeimmät ja eniten käytetyt palvelut ominaisuuksineen. Luvussa 4 esitetään Microsoft Azuren ja Amazon Web Servicen keskenään vertailtavissa olevia palveluita rinnakkain, ja vertaillaan niiden tärkeimpiä ominaisuuksia ja hintoja keskenään. Vertailussa käytetään apuna taulukoita havainnollistamaan palveluiden eroja. Vertailua tehdään myös pilvipalveluntarjoajien käyttöttestauksessa, jossa luodaan yksinkertaiset virtuaalikoneet molempien yritysten palveluita käyttäen. Luvussa 5 koetaan yhteenveto opinnäytetyöstä ja vertailun tuloksista.

2 PILVIPALVELUT

Käsitteellä pilvipalvelut (cloud computing) on useita eri merkityksiä. Pilvi (cloud) on kielikuva, jolla viitataan internetiin. Pilvipalveluilla tarkoitetaan mallia, jonka avulla tietotekniikkaresursseja tarjotaan verkon välityksellä käyttäjälle. Tarjotut tietotekniikkaresurssit (tietoliikenneyhteydet, laskenta- ja tallennuskapasiteetti, sovellukset sekä palvelut) ovat käytössä ilman että käyttäjän tarvitsee tietää resurssien sijaintia tai huolehtia niiden toiminnasta ja ylläpidosta. (Salo 2012, 16.)

Yksinkertaistettuna "cloud computing" on toimintamalli, jonka kautta voidaan luopua fyysisistä konesaleista (Heino 2010, 32). Pilvipalvelumallien hyöty osoittautuu parhaiten yrityksen talouden laskukautena: pilvipalvelumalli vapauttaa yrityksen jopa kaikista ICT-investoinneista, ja muuttaa kulurakennetta kiinteistä kustannuksista muuttuviin painottuvaksi. Parhaassa tapauksessa pilvipalvelumalli alentaa yrityksen kokonaiskustannuksia. (Salo 2012, 16.)

2.1 Pilvipalveluiden ominaispiirteet

Yhdysvaltalainen National Institute of Standards and Technologyn (NIST) listaa viisi pilvipalveluiden ominaispiirrettä:

- itsepalvelullisuus
- pääsy palveluihin eri päätelaitteilla
- resurssien yhteiskäyttö
- nopea joustavuus
- käytön tarkka mittaaminen (Salo 2012, 17).

Itsepalvelullisuudella tarkoitetaan, että tietotekniikkaresurssien käytön aloittaminen ja käytön lopettaminen ei edellytä käyttäjää olemaan yhteydessä palveluntarjoajan myyntiedustajaan tai asiakaspalvelijaan. Itsepalveluisuus antaa käyttäjän itse määrittää, koska resursseja tarvitaan, minkälaisia resursseja tarvitaan, ja miten niitä käytetään. (Salo 2012, 17.)

Päätelaiteriippumattomuus tarkoittaa, että palveluita voi käyttää eri päätelaitteilla: työasemalla, kannettavalla tietokoneella sekä mobiililaitteilla. Ihannetilanteessa

resursseja pystytään hyödyntämään kaikkialla missä on verkkoyhteys. (Salo 2012, 17.)

Resurssien yhteiskäytössä käyttäjä ei saa tietoa siitä, millä tavoin ja missä palvelut toteutetaan. Yhteistyökäytön tuoma tehostunut ylläpito tuo mukanaan yhteiskäyttöön liittyviä haasteita, kuten käyttäjien eristys toisistaan ja vahingollisen toiminnan rajaaminen toisia käyttäjiä häiritsemättömäksi toiminnaksi. (Salo 2012, 17.)

Nopean joustavuuden ansiosta pilvipalvelut skaalautuvat helposti ja nopeasti, eikä käyttäjien näkökulmasta kapasiteettirajoituksia ole usein lainkaan. Tästä johtuen sovelluksia kehitetään ja käyttöön otetaan nopeammin. Tarpeen vaatiessa laskenta-, tallennus- ja tietoliikennekapasiteetin lisääminen onnistuu lähes välittömästi. (Salo 2012, 17–18.)

Resurssien käyttö on tarkkaan mitattua ja valvottua, ja siitä on paljon yksityiskohtaista tietoa saatavilla sekä käyttäjälle että palveluntarjoajalle. Käyttäjää laskutetaan vain käytetystä kapasiteetista, jota käytetään. Laskutuksen oikeellisuuteen voi luottaa, koska laskutus on läpinäkyvää, ja kaiken lisäksi laskutettava saa runsaasti informaatiota omasta resurssikäytöstään. (Salo 2012, 18.)

Myös teknologiajätti Microsoft määrittelee pilvipalveluiden ominaispiirteet samansuuntaisesti:

- dynaaminen laskentainfrastrukturi
- palvelukeskeinen lähestymistapa
- käyttöön perustuva laskutus
- automatisoitu hallinta
- itse palvelu. (Salo 2010, 18.)

2.2 Pilvipalveluiden historia

Vuonna 1961 John McCarthy, tekoälyn tutkija ja LISP-kielen kehittäjä, esitti puheessaan MIT:ssä, että tietokonekapasiteettia voitaisiin jonain päivänä hankkia samalla tavalla kuin sähköä tai vettä. Myös Douglas Parkhillin teos ”Challenge of The Computer Utility” (1966) esitti useita olennaisia komponentteja pilvitoiminta-

mallista, kuten provisiointi ja rajoittamattomuuden illuusion aikaansaaminen. (Heino 2010, 33.)

Amerikkalaisen J.C.R Licklider toimesta kehitettiin Advanced Research Projects Agency Network (ARPANET) , joka oli varhainen internetiä edeltänyt tietoverkko, joka mahdollisti pilvipalveluteknologian kehityksen. (Mohamed n.d, Maynard 2013).

Puhelinoperaattorit aloittivat ensimmäisenä pilvi-sanankäytön tietojenkäsittelypalveluiden yhteydessä. 1980-luvulla pilvisymbolia käytettiin kuvaamaan rajapintaa asiakkaan ja puhelinoperaattorin vastuulla olevien laitteiden välillä. (Heino 2010, 32.)

Ensimmäiset viittaukset pilvilaskennasta (cloud computing) modernissa merkityksessään esitettiin vuonna 1996, Compaqin sisäisessä asiakirjassa. Salesforce.com:in julkistaminen vuonna 1999 oli yksi ensimmäisistä välietapeista pilvilaskennan kannalta. Salesforce.com tarjosi yksinkertaisen web-sivun välityksellä yrityssovelluksia. Vuonna 2002 Amazon Web Services tarjosi pilvipohjaisia palveluita, kuten laskentaa, tietovaraston ja ihmisälykkyyttä Amazon Mechanical Turkin kautta. Vuonna 2006 Amazon käynnisti EC2 (Elastic Compute cloud) palvelun kaupallisena web-palveluna, jonka avulla pienyritykset ja yksityishenkilöt voivat vuokrata tietokoneita, joissa pystyi ajamaan omia sovelluksiaan. Amazon EC2 oli ensimmäinen laajalti saatavilla oleva pilvilaskenta infrastruktuuripalvelu. (Computerweekly 2010.)

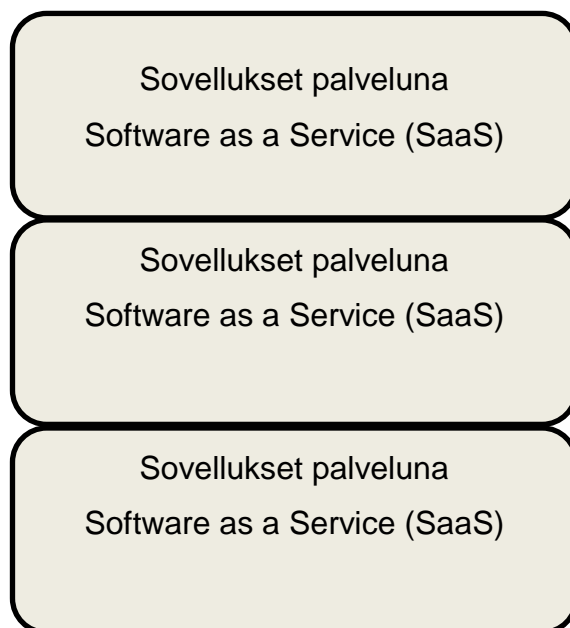
Vuonna 2009 Web 2.0 mahdollisti selainpohjaisten yrityssovellusten tarjoamisen pilvipalveluntarjoajien palveluiden kautta, esimerkkinä Google Apps. Teknologian edelläkävijöitä, kuten Google ja Microsoft, voidaan pitää merkittävimpinä edistäjiä pilvilaskennan kehittymiselle. Myös virtualisointitekniikan kehitys, nopeiden maanlaajuisten laajakaistayhteyksien kehittyminen, sekä yleistyneet yhteen toimivat ohjelmistot ovat edistäneet pilvilaskennan kehittymistä. Tällä hetkellä voidaan toimittaa lähes mikä tahansa ohjelma tai palvelu internetin välityksellä pilvessä. Vaikka onkin selvää, että pilvilaskennasta on merkittävä hyöty IT-käyttäjille, silti useat IT-johtajat ovat huolissaan yrityksiensä tiedoista pilvessä. Kasvavien teknologioiden asiantuntija Julia Friedman uskoo että pilvilaskennan turvallisuus ja muut

huolenaiheet saadaan pian ratkaistua. IT-johtajat tulevat edelleen hoitamaan itse sisäiset IT-palvelut. Samaan aikaan he perehtyvät pilvipalveluiden tietoturvaan, hallintaan ja valvontaan, kunnes huolenaiheet pilvipalveluiden turvallisuudesta saadaan ratkaistua. (Computerweekly 2010.)

2.3 Pilvipalvelumallit

Pilvipalveluarkkitehtuuri voidaan jakaa kolmeen pääkerrokseen (kuvio 1):

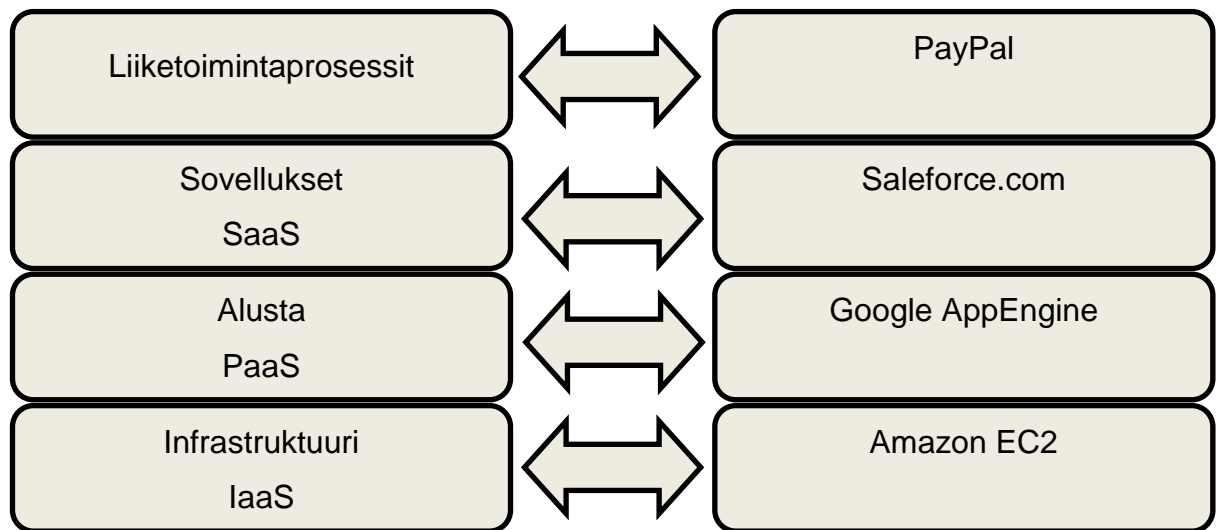
- Sovellukset palveluna – Software as a Service (SaaS)
- Sovelluslusta palveluna – Platform as a Service (PaaS)
- Infrastruktuuri palveluna – Infrastructure as a Service (IaaS). (Salo 2010, 22.)



Kuvio 1. Pilvipalveluarkkitehtuurin kolme yleisintä kerrosta (Salo 2010, 22).

Näistä pilvipalveluarkkitehtuurin pääkerroksista infrastruktuuri (IaaS) luo pohjan sovelluslustalle (PaaS), jonka päälle voidaan rakentaa sovelluksia (SaaS). Käytettiin palveluntarjoajien tarjoamista pilvipalveluista mitä hyvänsä yllä mainituista lyhenteistä, yhteisinä nimittäjinä niillä on aiemmin mainitut National Institute of Standards and Technologyn (NIST) kaltaiset ominaisuudet. Palvelumalli on selkeä

asiakkaan näkökulmasta: asiakas maksaa vain tarvitsemistaan resursseista. Kuviossa 2 on esitetty esimerkkejä pilvipalvelutarjonnasta.



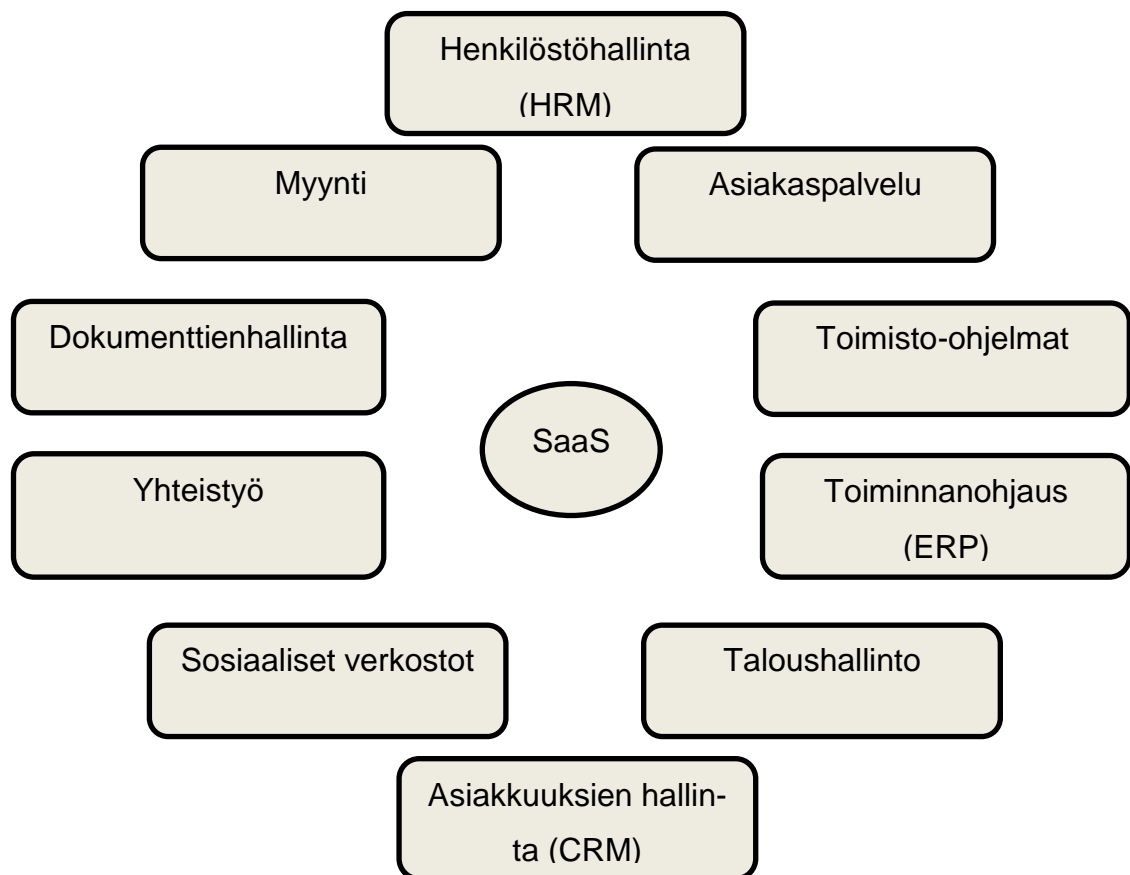
Kuvio 2. Esimerkkejä pilvipalvelu tarjonnasta (Salo 2010, 24).

2.3.1 Software as a Service - Sovellukset palveluna

Sovellukset palveluna (SaaS) on ollut jo vuosia käytössä, ja on palvelumalleista käsitteenä tutuin. Se tarkoittaa sovellusten käyttöä palveluna perinteisen ostamisen, omistamisen, asentamisen ja ylläpitämisen sijaan. SaaS-kerroksen käyttöliittymänä voi olla internetiselain tai jokin muu erillinen sovellus. (Salo 2010, 22.)

Perinteisen lisenssimaksun sijaan käyttäjä maksaa esimerkiksi aikaperusteisen, käyttäjä- tai konekohtaisen maksun. SaaS-toimintamalli vähentää ohjelmistoihin ja niihin liittyvään laitteistoon sitoutuneen pääoman määrää, ja vapauttaa henkilöstöresursseja tuottavampiin tehtäviin poistamalla sovellusten ylläpidon ja päivitysten tuskan. SaaS-palveluissa samaa sovellusta yhteiskäyttää laaja asiakaskunta. Tätä kutsutaan monikäyttäjäydeksi (multitenancy). Vaikka samaa sovellusta käyttääkin laajempi asiakaskunta, asiakkaat saavat kuitenkin yksilöllisen käyttäjäkokemuksen. Samalla palveluntarjoaja voi asiakaskohtaisen ylläpitotyön sijaan keskittyä hyödyntämään asiakkailta saatua palautetta, sekä asiakkaiden sovelluksen käytöstä opittua tietoa sovelluksen kehityksessä. (Salo 2012, 25–26.)

SaaS-palvelu omaa laajan valikoiman erilaisia sovelluksia. Kuviossa 3 on esitetty SaaS-palveluiden käyttökohteita.



Kuvio 3. Sovellukset palveluna -malli (Salo 2012, 25).

SaaS-palvelut tekee houkuttelevaksi:

- Nopea käyttöönotto
- Tietyissä tapauksissa alhaiset kokonaiskustannukset
- Investointien tarpeen puuttuminen
- Ylläpidon vaivattomuus
- Päivitysten vaivattomuus. (Salo 2010, 69.)

SaaS-palveluiden haasteita ovat:

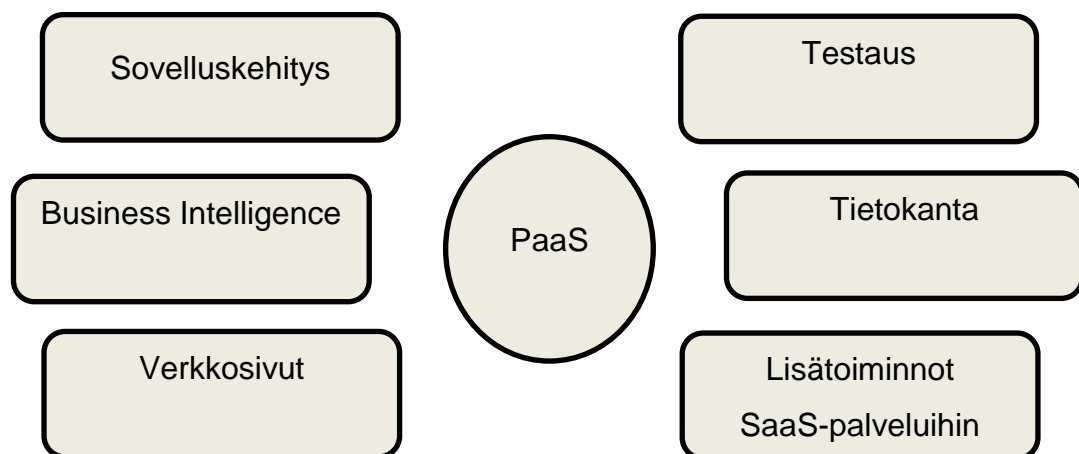
- Toimintavarmuuden luottamuspuula
- Tietoturvan luottamuspuula
- Kustomoitavuuden hankaluus
- Integroitavuuden hankaluus
- Hallinnan menettäminen

- Hallinnan tunteen menettäminen. (Salo 2010, 69.)

Pienet yritykset hyötyvät enemmän SaaS-palveluista, koska pienillä yrityksillä integroitavuuden ja kustomoitavuuden tarve on vähäisempi kuin suuremmilla yrityksillä (Salo 2010, 69).

2.3.2 Platform as a Service - Sovellusalusta palveluna

Sovellusalusta palveluna eli PaaS on vielä toistaiseksi varsin pieni pilvimarkkina, mutta sovelluskehityksen kannalta erittäin houkutteleva sellainen. Alusta palveluna (PaaS) viittaa pilvipalvelun sovelluskehitykseen ja niiden ylläpitämiseen alustana. PaaS-palvelut tarjoavat alustan, jonka päälle sovelluksia voidaan kehittää. Sovelluksia voidaan myös testata sekä ylläpitää PaaS-alustalla. (Salo 2012, 20, 24–25.) Kuviossa 4 on esitetty PaaS-palveluiden käyttökohteita.



Kuvio 4. Sovellusalusta palveluna -malli (Salo 2012, 24).

PaaS-palveluiden hyödyt ovat ilmeiset:

- Kehitystyön yksinkertaisuus
- Toiminnallisuudet valmiina moduuleina ja ohjelmoitirajapintoina
- Lisäosia laajennus- ja toiminnallisuusmahdollisuuksiksi
- Nopeampaa ja kustannustehokkaampaa kehitystyötä
- Lopputulos erittäin skaalautuva. (Salo 2012, 24.)

Kehitystyö on yksinkertaisempaa, koska käyttäjän ei tarvitse huolehtia infrastruktuurista. Suuri määrä toiminnollisuuksia on saatavilla valmiina moduuleina ja ohjelmointirajapintoina. Lisäksi kolmansien osapuolien tuottamat maksulliset lisäosat tarjoavat toiminnollisuus- ja laajennusmahdollisuuksia. PaaS-alustoja käytettäessä kehitystyö nopeutuu, muuttuu kustannustehokkaammaksi ja lopputulos saadaan skaalautumaan suuriin käyttäjämääriin saakka. (Salo 2012, 24.)

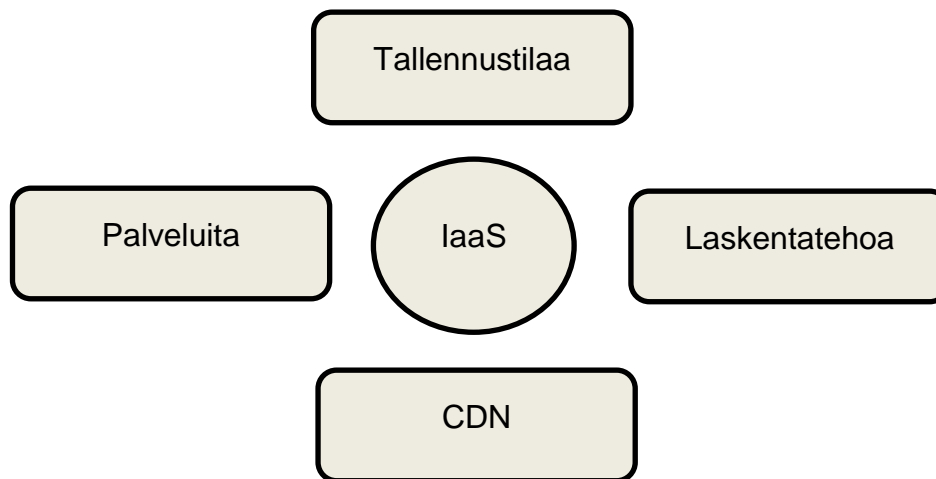
PaaS-palveluiden haasteita ovat:

- Lukittumispelko PaaS-ratkaisuun
- Uudet osaamisvaatimukset
- Tietoturvahuolet. (Salo 2012, 24.)

Käyttäjien pelkona on lukkiutua valittuun standardoimattomaan PaaS-ratkaisuun. Kehitystyön uudet osaamisvaatimukset saattavat haastaa yrityksen työntekijän osaamisprofiilin sekä työmarkkinat. Koska sovellukset ja niihin liittyvä tieto sijaitsevat yrityksen palomuurin ulkopuolella palveluntarjoajan tiloissa, ja suuri tietomäärä liikkuu verkon yli palveluntarjoajan ja yrityksen välillä, ovat tietoturvahuolet ymmärrettäviä. PaaS-ratkaisun kustannustehokkuus mahdollistaa pienten uusien toimijoiden saapumisen markkinoille. Yritys hyvällä idealla ja osaavalla henkilöstöllä voi vähäisin investoinnein kehittää uusia ratkaisuja suurellekin käyttäjäkunnalle. Tämä hyödyttää kaikkia loppukäyttäjäasiakkaita ja kasvattaa uusien innovaatioiden määrää. (Salo 2012, 24; Salo 2010, 28–29.)

2.3.3 Infrastructure as a Service - Infrastrukturi palveluna

Infrastrukturi palveluna (IaaS) tarkoittaa tietotekniikkainfrastruktuurin eli fyysisten laitteiden ja niiden hallinnoimiseen, turvaamiseen ja koordinoimiseen tarvittavien ohjelmistojen kapasiteetin tarjoamista palveluna. Perinteisessä itsehallitussa palvelinkeskuksessa jopa 70 % IT-investoinneista menee VMwaren mukaan olemassa olevan infrastruktuurin ylläpitämiseen, jolloin kehittämiseen ja uudistamiseen jää siis vain pieni osa kokonaisbudjetista. (Salo 2012, 22.) Kuviossa 5 on esitetty IaaS-palveluiden käyttökohteita.



Kuvio 5. Infrastruktuuri palveluna -malli (Salo 2012, 22).

Infrastruktuuri palveluna tunnetaan myös muilla nimillä, kuten HaaS (Hard-ware-as-a-Serice), CaaS (Computing-as-a-Service) tai SaaS (Storage-as-a-Service; on varottava sekoittamasta malliin Software-at-a-Service). IaaS-ratkaisussa asiakas ostaa palveluntarjoajan laitteiston resurssit käyttöönsä palveluna. Kapasiteettia voi ottaa joustavasti käyttöön tarpeiden mukaan ilman ostamista ja omistamista tai pitkiä sitoutumiskausia. Infrastruktuuri palveluna eroaa perinteisestä ulkoistamisesta joustavuudessaan, itsepalvelullisessa resurssien yhteiskäytössä ja tarkalla laskutuksella. Palveluntarjoajan resurssit ovat pitkälle virtualisoidut, ja ylläpito sekä skaalautuminen mahdollisimman pitkälle automatisoitu. IaaS-ratkaisussa palvelun käyttö on tarkkaan mitattua, jolloin laskutus perustuu käyttöön, eikä etukäteissitoumuksia tarvita. IaaS-palvelun käyttöönotto ja käyttö tapahtuvat niin itsepalveluperusteisesti, että tarvetta asiakkaan ja palveluntarjoajan vuorovaikutukseen ei ole. (Salo 2010, 25; Salo 2012, 22, 23.)

2.4 Pilvityypit

Yrityksen omistama ICT-infrastruktuuri muodostuu sen hallinnassa olevista ohjelmistoista ja laitteistosta, päätelaitteista palvelimiin tietoliikenneyhteyksineen. Pilvipalveluihin siirtymiseen on useita tapoja. Monesti isot organisaatiot muuttavat oman palvelinkeskuksen ICT-infrastruktuurin ohjelmistot ja laitteiston osittain tai täysin kokonaan pilvipalveluiden ominaispiirteiden mukaiseen toimintamalliin. (Salo 2012, 27.)

NIST (National Institute of Standards and Technologyn) on esittänyt neljä vaihtoehtoa pilvipalveluiden käyttöönottoon:

- julkinen pilvi
- yksityinen pilvi
- yhteisöllinen pilvi
- hybridipilvi. (Salo 2010, 19.)

Julkinen pilvi. Julkisessa pilvessä (public cloud) pilvipalvelut ovat tarjolla maksua vastaan. Palvelun toimittamisesta, hallinnoinnista, ohjelmistoista, laitteistosta ja palvelusta vastaa palveluntarjoaja. (Salo 2010, 19.)

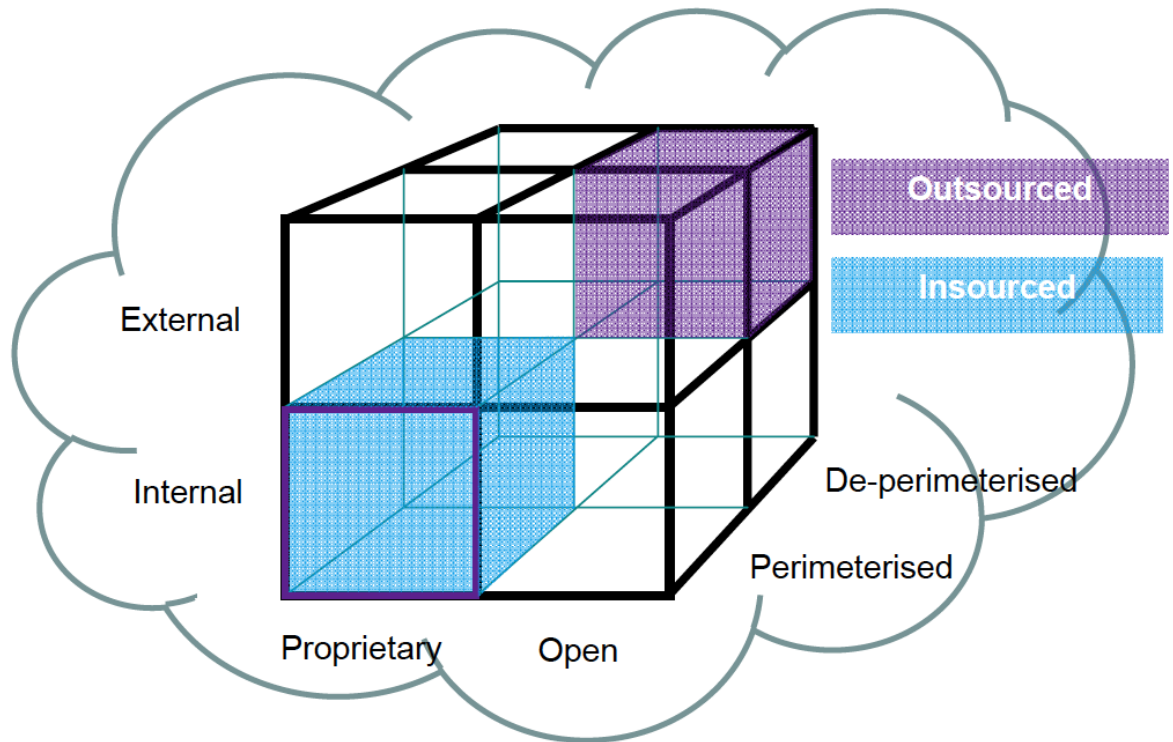
Yksityinen pilvi. Yksityisessä pilvessä (Private cloud) pilvipalveluinfrastruktuuri on yrityksen omistuksessa ja vain yrityksen omassa käytössä. Yksityisen pilven hallinnoinnista voi vastata kolmas osapuoli, ja laitteisto voi sijaita muuallakin kuin yrityksen omissa tiloissa. (Salo 2010, 19.)

Yhteisöllinen pilvi. Yhteisöllisessä pilvessä (Community cloud) pilvipalveluinfrastruktuuri on useamman kuin yhden organisaation yhteisomistuksessa ja -käytössä. Aivan kuten yksityisessä pilvessä, yhteisöllisessä pilvessä pilvipalvelun hallinnoinnista voi vastata ulkopuolinen taho. Laitteisto voi sijaita muuallakin kuin käyttöön osallistuvien organisaatioiden tiloissa. (Salo 2010, 19.)

Hybridipilvi. Hybridipilvessä (Hybrid cloud) yhdistetään yllämainittuja pilvityyppejä. Hybridipilven arkkitehtuurista osa on yksityistä tai yhteisöllistä ja osa julkista. (Salo 2010, 19.)

2.5 Pilven kuutiomalli

Jericho Forum on kansainvälinen organisaatio, joka pyrkii edistämään tietojärjestelmien verkottumista ja avoimuutta. Sen jäseninä ovat mm. IBM, CapGemini, Motorola ja Symantec. Kuutiomallissa on neljä ulottuvuutta, joista kolmea kuvataan kuution sivuilla ja neljättä väreillä. (Salo 2013, 102.) Kuviossa 6 on esitetty pilven kuutiomalli.



Kuvio 6. Jericho Forumin kuutiomalli (Cio 2016).

Kuution ulottuvuudet ovat seuraavat:

- sisäinen-ulkoinen
- suljettu-avoin
- rajattu-ei-rajattu
- itse tuotettu-ulkoistettu. (Salo 2013, 102.)

Ensimmäinen ulottuvuus (sisäinen - ulkoinen) tarkastelee, ovatko pilvipalvelun tuottavat fyysiset resurssit yrityksen vai palveluntarjoajan tiloissa. Hallinnan mahdollisuus on suurempi, mikäli fyysiset resurssit sijaitsevat yrityksen omissa tiloissa. Jos taas resurssit sijaitsevat palvelun tarjoajan tiloissa, asiakkaan täytyy luottaa palveluntarjoajan kykyyn turvata palvelun saatavuus, tietoturva ja jatkuvuus. (Salo 2013, 102.)

Toisessa ulottuvuudessa (suljettu - avoin) tarkastellaan, perustuuko palvelun tuottamiseen käytetty tekniikka suljettuihin järjestelmiin vai avoimiin standardeihin. Suljettuihin ratkaisuihin nojautuminen johtaa monesti asiakkaan kiusalliseen lukit-

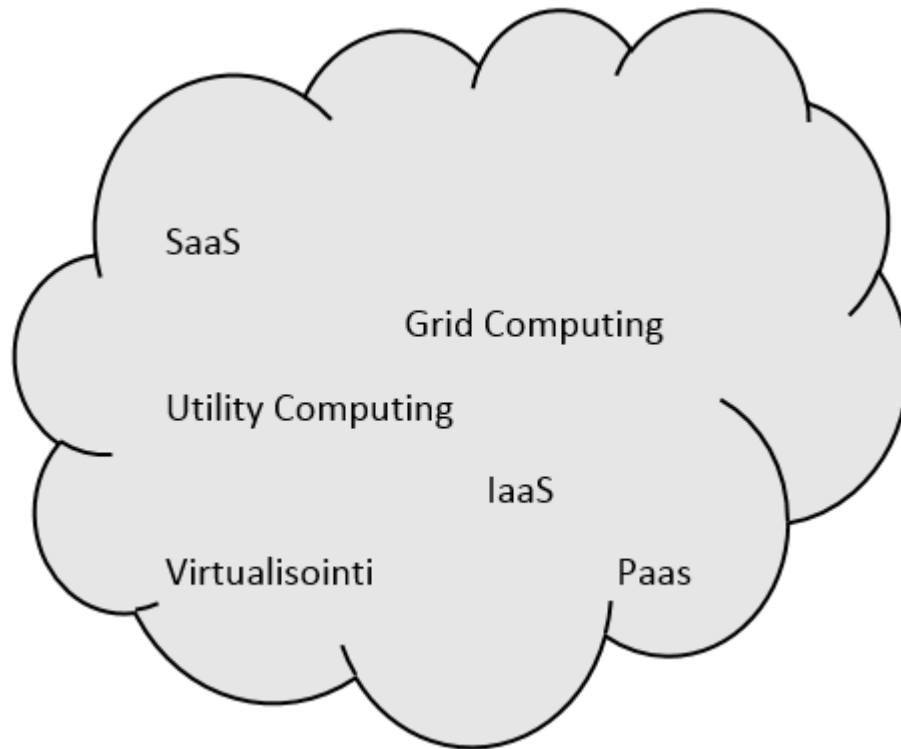
tumistilanteeseen, jossa palveluntarjoajan vaihtamisesta tulee kallista ja hankalaa. Käytettäessä avoimia ratkaisuja integrointi helpottuu kuten myös palveluntarjoajan vaihtaminen kitkatta. (Salo 2013, 102.)

Kolmannen ulottuvuuden (rajattu - ei-rajattu) näkökulmana on, mahdollistavatko yrityksen IT-järjestelmät yhteistyön ja ulkopuolisten palveluiden kanssa vuorovaikutuksen vai toimivatko siilomaisesti. Rajattu järjestelmä toimii yrityksen palomuurin turvissa ja ulkopuolinen vuorovaikutus VPN-yhteyden tai muun ratkaisun avulla. Ei-rajatussa järjestelmässä vuorovaikutus ulkopuolisten tahojen kanssa tapahtuu yhteistyösuuntautuneen arkkitehtuurin (Collaboration Oriented Architecture, COA) mukaisesti. (Salo 2013, 102.)

Neljännän ulottuvuuden (itse tuotettu - ulkoistettu) näkökulma on palveluiden tuottamiseen liittyvä eli tuotetaanko palvelut ulkoisen palveluntarjoajan vai oman henkilöstön toimesta. Palveluntarjoajan tuottamat palvelut ovat ulkoistettuja, ja oman henkilöstön tuottamat ovat itse tuotettuja. Sisäinen-Suljettu-Rajattu-Itse tuotettu - yhdistelmä on turvallisuustasoltaan korkein ja samalla yhteistyön ja ulkoisen integroitavuuden puolesta haasteellisin. Vastakohtana Ulkoinen-Avoim-Ei-rajattu-Ulkoistettu -yhdistelmä, joka on turvallisuushaasteiltaan suurin, mutta yhteistyö-orientoitunut. (Salo 2013, 102.)

2.6 Pilvipalveluiden hyödyt ja riskit

Useat pilvipalveluiden perusajatuksista ja avainkäsitteistä juontavat juurensa vuosien taakse. Mikään yksittäinen tekninen innovaatio tai toimintaympäristönmuutos ei ole ollut syy pilvipalveluiden nousun takana, vaan joukko toisiinsa tukevia tekijöitä, jotka yhdessä ovat tukeneet ja mahdollistaneet pilvipalvelut ja niiden esiinnousun. Pilvipalveluun liittyy paljon entuudestaan tuttuja käsitteitä, sekä muutamia uusia. Kuviossa 7 on esitetty muutamia pilvipalveluihin liittyviä käsitteitä.

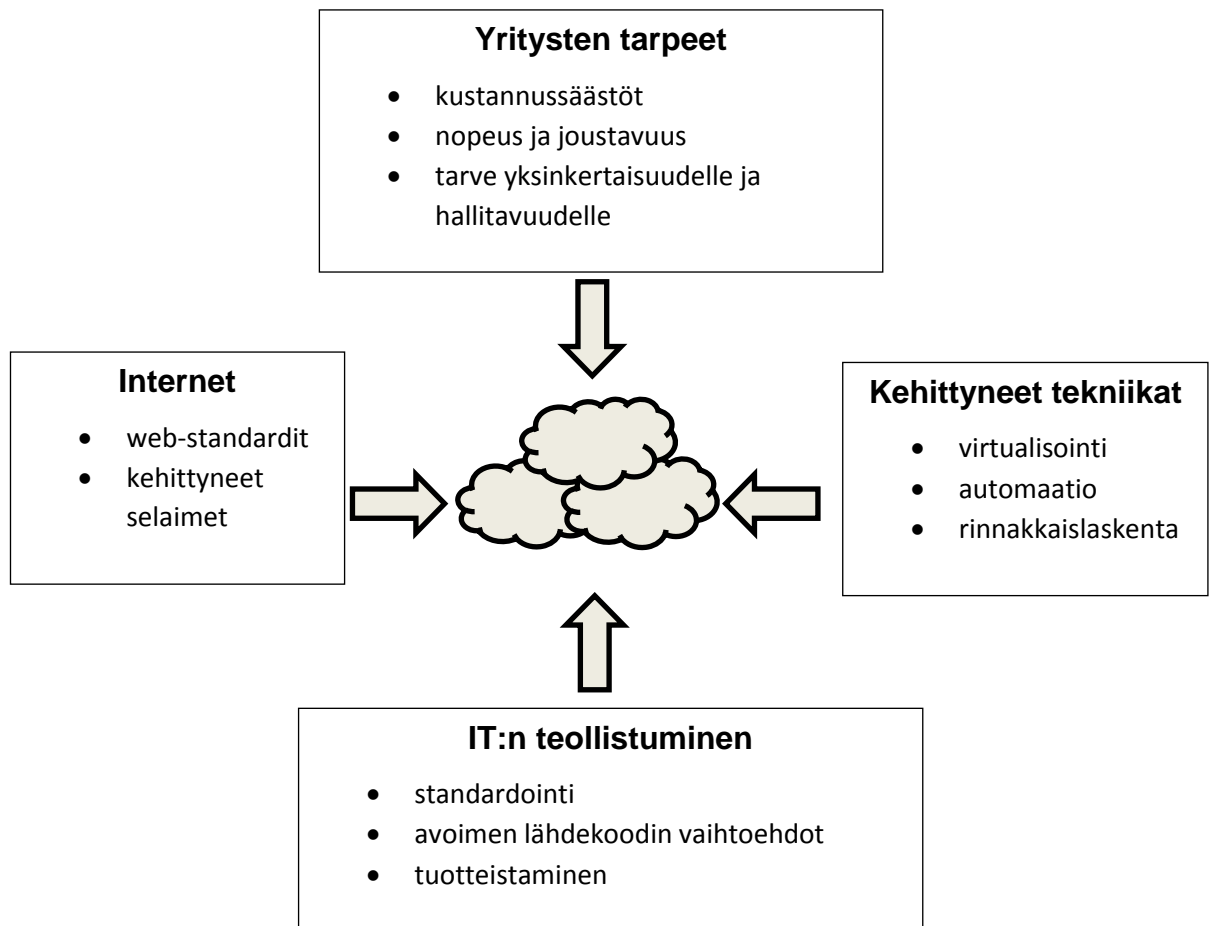


Kuvio 7. Pilvipalveluihin liittyviä käsitteitä
(Salo 2012, 34).

Pilvipalveluissa käytetty ohjelmiston tai laitteiston virtualisointi, palveluiden käytön tarkka mittaaminen tai järjestelmän hallinnan automatisointieivät ole uusia ideoita. Pilvipalvelut käsittävät suuren kirjon palveluita infrastruktuuripalveluista sovellusvuokrauspalveluihin. Palvelumallin mahdollistavat tekniikat eivät ole uusia, vaan tapa hyödyntää niitä pilvipalvelumallin avulla on uusi. (Salo 2012, 34.)

Pilvipalvelumarkkinoiden ollessa vielä alkutekijöissään on yhä useampi tekniikasta kiinnostunut yritys jo mukana, kuin myös osa kuluttajistakin. SaaS-palvelut ovat pilvipalvelumarkkinoiden kehittyneimmät. Esimerkiksi Googlen tarjoamilla sovelluksilla on jo valtava määrä yrityskäyttäjiä. Kuluttajat ovat monissa ratkaisuissa yritysmaailmaa pidemmällä. Kuluttajat suosivat eniten sovelluksia, kuten pikaviestimiä, sosiaalisia verkkoyhteisöjä ja verkossa toimivia tiedostonjako-ohjelmia. Suosituimmilla selainpohjaisilla sähköpostiohjelmissa käyttäjämäärä on jo sadoissa miljoonissa. Uusien IaaS- ja PaaS-palveluiden markkinat ovat hieman kypsyttömämpiä vielä, vaikkakin kiinnostus niitäkin kohtaan on nousussa yritysten keskuudessa. Symantecin 2010 *State of the Data Center - Global Data* -tutkimuksessa selvitettiin 26 maassa organisaatioiden palvelunkeskuksista vastaavien näkemyk-

siä palvelinkeskuksiin liittyvistä trendeistä. Tutkimuksessa selvisi että 24 % vastaajista olivat vähintään kokeilleet IaaS- ja PaaS-palveluita, ja jäljelle jäävät 76 % vastaajista korkeintaan harkitsi asiaa. Vastaajista 65 % näki yrityksen IaaS-palveluiden kasvavan tulevaisuudessa. Vastaava luku PaaS-palveluiden kohdalla oli 63 %. IaaS-palveluiden kutistumista ennakoi 3 % vastaajista ja PaaS-palveluissa 4%. Trendinäkemykset ovat siis melkoisesti kasvussa. Kuviossa 8 tarkastellaan tekijöitä, jotka ovat mahdollistaneet pilvipalveluiden ajankohtaisuuden. (Salo 2012, 34–35.; Symantec 2010.)



Kuvio 8. Pilvipalvelun mahdollistaneita tekijöitä (Salo 2012, 35).

Vielä ei olla varmoja alentaako pilvipalveluihin siirtyminen kommunikaatio- ja informaatioteknologiaan liittyviä kustannuksia, ja jos alentaa niin kuinka merkittävästi. Toimintamallin välittömät kustannukset on vielä suhteellisen helppo selvittää. Myös pilvipalvelumalliin siirtymisen välittömät kustannukset saadaan tarkasti selville. Välillisten kustannusten selvittäminen onkin hieman vaativampaa. Nykyisen toimintamallin kokonaiskustannukset täytyisi arvioida ensiksi, jotta kustannussääs-

töjä voitaisiin arvioida. Esimerkiksi ohjelmiston lisenssikustannukset selviävät vai-
vatta, mutta on haastavaa arvioida työaikaa, joka käytetään ohjelmiston asentami-
seen, integrointiin, käyttäjien kouluttamiseen, myöhempään ylläpitoon, päivityksiin
ja versiohallintaan, tietoturvaohjelmien torjuntaan sekä muihin tukitehtäviin. Myös
muuta merkittäviä ja vaikeasti arvioitavia kuluja ovat laitteiston ylläpitämisen toimiti-
la-, sähkö-, kulunvalvonta- ja muut henkilöstökulut. Pilvipalveluiden täysmääräi-
sessä varassa toimivalla organisaatiolla laitteistokustannuksina on pääosin pääte-
laitteiden hankinta, päivitykset ja ylläpito. (Salo 2010, 79.)

Globaalin talouslaman aikana laitteistoja ja ohjelmistolisenssejä jäi käyttämättömi-
nä useille organisaatioille. ICT-investointien tekninen käyttöikä on kovin lyhyt ja
investointien jälleenmyyntiarvo on lähes olematon. Myöskään ohjelmistolisensseil-
lä ei ole välttämättä myyntimahdollisuutta lainkaan. Perinteiseen ratkaisuun verrat-
tuna pilvipalvelujen käyttö tuo ennenkuulumatonta joustavuutta niin pienille kuin
suurillekin yrityksille. (Salo 2010, 80.)

Perinteiset lisensoitavat ohjelmistot ja itse kehitetyt sovellukset kilpailevat SaaS-
palveluiden kanssa. Ne eivät tarvitse sovelluskehitystä, mutta integrointiin ja räätä-
löintiin tulee panostaa. Palveluna ostettujen sovellusten kaksi sovelluskehitysosa-
aluetta ovat toiminnollisuuksien ja käyttöliittymän räätälöinti yrityksen ja sovelluk-
sen käyttäjien tarpeiden mukaiseksi ja sovelluksen integrointi osaksi muita omia ja
sidosryhmien järjestelmiä. (Salo 2010, 80.)

Sovellusalusta palveluna (PaaS) tarjoaa sovelluskehitystä varten valmiin alustan ja
runsaasti käyttövalmiita moduuleja. Kehitystyö ja testaus etenevät alustalla nope-
asti ja joustavasti, eikä kehittäjän tarvitse kamppailla resurssirajoitteiden kanssa tai
odottaa resursseja käyttöönsä. Koska PaaS-ratkaisussa kehitysalustaa käytetään
verkon yli käytettävänä palveluna, se soveltuu erinomaisesti kehitystiimille, joka on
maantieteellisesti hajautunut eri sijanteihin. Resurssikäytössä kustannusrajoite
esiintyy myös pilvipalveluissa, koska palveluntarjoaja laskuttaa käytetyistä resurs-
seista. Suurin vapausaste esiintyy infrastruktuuri palveluna -ratkaisussa (IaaS).
Myös mahdollisuus erilaisiin ratkaisuihin lähestyy sitä, mihin perinteisten omistettu-
jen laitteistojen ja ohjelmistojen tapauksessa päästäisiin. IaaS-ympäristö muistut-
taa perinteistä palvelinkeskusta, joten uutta osaamista ei tarvita niin paljon kuin
esimerkiksi PaaS-palveluiden kohdalla. (Salo 2010, 80.)

Pilvipalvelut sallivat työntekijälle pääsyn tarvittuun dataan ja työvälineisiin paikasta riippumatta. Pilvipalveluratkaisujen avulla kannettava päätelaite voi suoriutua laskentaintensiivisistä tehtävistä valjastamalla käyttöön useita palvelimia. SaaS-ratkaisut mahdollistavat erilaisten työtehtävien suorittamisen työntekijän olinpaikasta riippumatta. (Salo 2010, 81.)

Pilvipalveluja käytettäessä ei etukäteisinvestoinneille ole tarvetta, sillä resursseja on tarjolla tarvittava määrä viivytyksettä. Ylikapasiteetista ei tarvitse huolehtia, koska palveluun ei sitouduta sopimuksellisesti, vaan ylimääräisestä kapasiteetista on erittäin helppo päästä eroon. Palveluiden kustannukset ovat suurelta osin muuttuvia, koska käyttäjää laskutetaan käytön perusteella. Tämän laskutusmallin mahdollistavat mittausjärjestelmät antavat paljon dataa yritykselle ja palveluntarjoajalle, kuten kuka, koska, missä ja miten on resursseja käyttänyt. Tämä data helpottaa yritystä kustannusten kohdentamisessa ja tuottavuus- ja tehokkuusarvioinnissa. (Salo 2010, 81.)

Pilvipalveluiden itsepalvelullisuus ja pitkälle viety automaatio mahdollistavat pilvipalveluiden helpon käyttöönoton. Palvelun tarjoajan ja käyttäjän välinen vuorovaikutus on pyritty minimoimaan, mikä on kustannus- ja ajansäästönäkökulmista paras vaihtoehto. Parhaassa tapauksessa asiakas voi ottaa käyttöönsä ja poistaa käytöstä haluamiaan resursseja vaivatta, kitkatta ja nopeasti, ilman että asiakkaan täytyy olla vuorovaikutuksessa palveluntarjoajan kanssa. (Salo 2010, 81.)

Pilvipalveluihin siirryttäessä yritys menettää hallinnan tunteen, sillä resurssit eivät ole enää yrityksen omassa hallinnassa. Hallinnan menetystä usein korvaa joustavuus mukautumisessa ja nopeus uusiutumisessa. Nämä edistävät nopeasti kehittyviä ja muuttuvia markkinoita. Useilla organisaatioilla on käytössään vanhoja tai tietoturvattomia ratkaisuja, joista on kallis ja vaikea päästä eroon osaamattomuuden ja monimutkaisten ristiinkytkentöjen takia. Myös julkisella sektorilla tilanne on vanhentuneiden järjestelmien suhteen sama. (Salo 2010 81–82.) Esimerkiksi helmikuussa 2010 Yhdysvalloissa ABC News (2010) uutisoi, että NSA:lla (National Security Agency), joka vastaa mm. presidentin turvallisuudesta, on käytössään keskustietokonejärjestelmä 1980-luvulta, jonka varassa toimii 42 organisaation käyttämää sovellusta 68 % toimintavarmuudella. Pilvipalveluiden kohdalla tällaisia

vuosikausiksi paikalleen jämähtäneitä ratkaisuja ei tule - tai ainakaan niitä eivät asiakkaat osta. (81–82.)

Uusi tekniikka tai palvelu ei aina tarkoita laatua. Markkinaevoluutio huolehtii siitä, että laadultaan heikommat ratkaisut karsiutuvat ajan myötä pois laadultaan laadukkaimpien ratkaisujen tieltä. ICT-palveluiden tuottaminen ja kehittäminen on ydinliiketoimintaa pilvipalvelumarkkinoilla toimiville yrityksille, ja ICT-palveluiden tuottaminen ja kehittäminen siihen liittyvä osaaminen on ydinosaa. (Salo 2010, 82.)

Pilvipalveluita käytettäessä käytettävissä olevat ohjelmistot ovat aina ajan tasalla, eikä yrityksellä ole vaarana lukkiutua käyttämään tiettyjä ohjelmistoja. Pilvipalveluntarjoaja kehittää ja ylläpitää palveluitaan selkeällä motiivilla sekä markkinaehtoisesti. Pilvipalvelumallin vaihtoehdot tarjoavat päätelaite- ja paikkariippumattomuutta. Konkreettisesti käyttäjä pääsee käsiksi sovelluksiin ja tietoihin mistä ja milloin tahansa. Toimintamallina pilvipalvelut tarjoavat mahdollisuuden uusiin sovellustyyppeihin, joista saadaan paljon lisähyötymahdollisuuksia. (Salo 2010, 83.)

Langattomien yhteyksien aggressiivinen kehitys on tehnyt mobiileista päätelaitteista vartenotettavia alustoja vuorovaikutteisille verkon yli käytettäville sovelluksille. Laskentateho- ja tallennustilavaatimukset pilvisovelluksia käyttävälle laitteelle ovat alhaiset, ja langattomien verkkoyhteyksien kehityksen ansiosta yhä suurempia tietomääriä liikuttavat ratkaisut sopivat myös mobiilikäyttöön. Mobiilien päätelaitteiden tallennuskapasiteetista tai prosessointitehosta ei synny pullonkauloja, koska tietojen pysyvä tallentaminen ja laskentaintensiiviset tehtävät voidaan jättää palvelinten vastuulle. (Salo 2010, 83.)

Rinnakkaisprosessoinnissa tiettyä tehtävää saattaa olla suorittamassa lukuisia suorittimia. Se mahdollistaa viikkoja kestävien tehtävien suorittamisen tunneissa, koska pilvipalvelumallin laskutusperiaatteella yhden prosessorin käyttö sadan tunnin ajan maksaa saman kuin sadan prosessorin käyttö yhden tunnin ajan. (Salo 2010, 83.)

Kuluttajaliiketoiminnassa arvontuotanto- ja ansaintakykyä kehittäviä asioita ovat asiakastiedon määrän aggressiivinen kasvu ja sen analysointi, sekä analyysin tulosten hyötykäyttö. Näissä pilvipalvelumalli on suureksi hyödyksi. Asiakaskunnan

suurien tietomassojen säilyttäminen sekä analysointi vaativat paljon tallennuskapasiteettia ja laskentatehoa, jota pilvipalvelut tarjoavat. Osa laskennasta voidaan ulkoistaa suoritettavaksi pilvipalvelualustalle, joten omaa laitteistoa ja ohjelmistoa ei tarvita aina laskennassa. Tiedonsiirtoon kuluva viive, eli latenssi, on haasteena jos tietomäärät joita käsitellään ovat suuret, eivätkä ne sijaitse pilvialustalla. Mikäli tietomäärät ovat pilvialustalla tallennettuna, ei latenssiongelmaa ole, tai jos laskennan tuloksella ei ole kiire, ei tiedonsiirtoviive aiheuta ongelmaa. Esimerkiksi NASA päätyi hybridipilvivaihtoehtoon julkisen pilven sijaan, koska palveluntarjoajien tiedonsiirtonopeus ja -kapasiteetti eivät olleet riittäviä NASA:n tarpeisiin. (Sallo 2010, 83–84.)

2.7 Tietoturva

Kun sovellukset tai käytettävä kapasiteetti sijaitsevat yrityksen palomuurin ulkopuolella, toisen organisaation ylläpidettävänä ja kaiken lisäksi vielä virtuaalisen palvelimen lohkossa, ovat tietoturvahuolet ymmärrettäviä. Pilviratkaisussa asiakkaalle tarjottu tekninen ympäristö on yleensä suojattu useilla palvelin- tai tietoliikennetekniikan menetelmillä. Pilvipalvelun tarjoava koneisto suojataan ulkomaailmalta palomuurilla. Palomuurijärjestelyä ylläpidetään internetin ja pilvikoneiston välillä pilvipalveluntarjoajan toimesta. Palomuurit sallivat pääsyn organisaation verkkoon sääntöjen mukaan, eli vain sallittu osa pääsee sisään. (Heino 2010, 92–93.)

Palomuurin lisäksi pilvikoneistoa suojaa tunkeilijan havaitsemisjärjestelmä, Intrusion Detection System (IDS) tai Intrusion Detection and Prevention System (IDPS). IDS/IDPS-järjestelmä on laite tai ohjelmisto palvelimessa, mikä reagoi hyökkäystilanteisiin katkaisemalla oletetun uhan eli hyökkääjän yhteydet. (Heino 2010, 93.)

Pilvipalveluun siirrettävää data salataan kryptauksen avulla. Vaikka pilvipalvelussa oleva data päätyisikin väärin käsiin, tieto on salattua eikä sitä saada resurssien avulla muutettua luettavaan muotoon. Tietojen kryptauksen mahdollistaa ohjelmisto ja salausavaimien tallessapidon menettely. Yleensä pilvipalveluntarjoaja ei kryptaa asiakkaan puolesta dataa, koska salausavaimen pitäisi olla vain asiakkaan

tiedossa. Kryptauksen käyttö ei ole aina täysin suoraviivaista, koska se käyttää palvelimen resursseja. (Heino 2010, 93.)

Pilvikoneiston palvelimien vastustuskykyä hyökkäyksiä vastaan kasvatetaan palvelimien koventamisella, eli niistä poistetaan kaikki ei-välttämättömät järjestelmäpalvelut. Mikäli näin ei tehdä, tunkeutujat voivat päästä tarpeettomia järjestelmäpalveluita ja niiden käyttämiä UDP/TCP-portteja hyväksi käyttäen kiinni dataan tai käyttäjätunnuksiin. Kovennetun palvelimen hyökkäysvektori (attack vector) on ohut, eli palvelin näkyy verkossa olevalle tunkeutujalle vähemmän. Koventaminen suoritetaan yleensä käsityönä ylläpitäjän toimesta, mutta valmiita työkalujakin löytyy, kuten SATAN, Sain ja Nessus. (Heino 2010, 93–94.)

ICT-alan tutkimus- ja konsultointiyritys Gartner on listannut seitsemän pilvitoiminnan tietoturvaan liittyvää uhkaa, jotka ovat samansuuntaisia kuin seuraava tiivistelmä:

- Tietoliikenneyhteydellinen vika, joka estää pilvipalvelun asiakkaan pääsyn sovellukseen ja sen dataan.
- Laiterikon, ohjelmistovian tai inhimillisen virheen vuoksi pilvipalveluntarjoaja korruptoi tai hukkaa asiakkaalle osoitetun kapasiteetin.
- Yllätyksellinen pilvipalveluntarjoajan toiminnan loppuminen.
- Pilvipalveluntarjoaja kokee onnettomuuden tai katastrofin, esimerkiksi tulipalo, ilkivalta tai jonkinlainen luonnonmullistus. (Heino 2010, 95.)

Tietoliikenneyhteyksien vian todennäköisyys on normaali mutta vaikutus suuri. Useilla yrityksillä on vain yksi ulkoinen tietoliikenneyhteys. Vaikka toimittajia olisi-kin enemmän kuin yksi, saattaa tietoliikenne silti kulkea samoissa kuiduissa ja samojen solmukohtien läpi. Riskin ehkäisemiseksi hankitaan yhteydet useammalta operaattorilta. (Heino 2010, 96.)

Pilvipalveluntarjoajan ylläpidollinen virhe on todennäköinen riski, ja näin on reaali-maailmassa tapahtunutkin. Palveluntarjoajat ovat vielä melko alkuvaiheessa, eikä kaikkia pilvipalveluiden vikatilanteita ole vielä tullut vastaan. Amazonin tallennuspalvelu S3 on pahimmillaan ollut poissa käytöstä päiviä, mutta datan menetyksistä ei ole tietoa. Yritys voi vain pitää huolta siitä, että palvelulla on kattavat varmistuk-

set. Esimerkiksi pilveen siirretyistä sovelluksista ja kapasiteetista tulisi tarpeen mukaan saada kopioita toiseen pilvipalveluun. (Heino 2010, 96–97.)

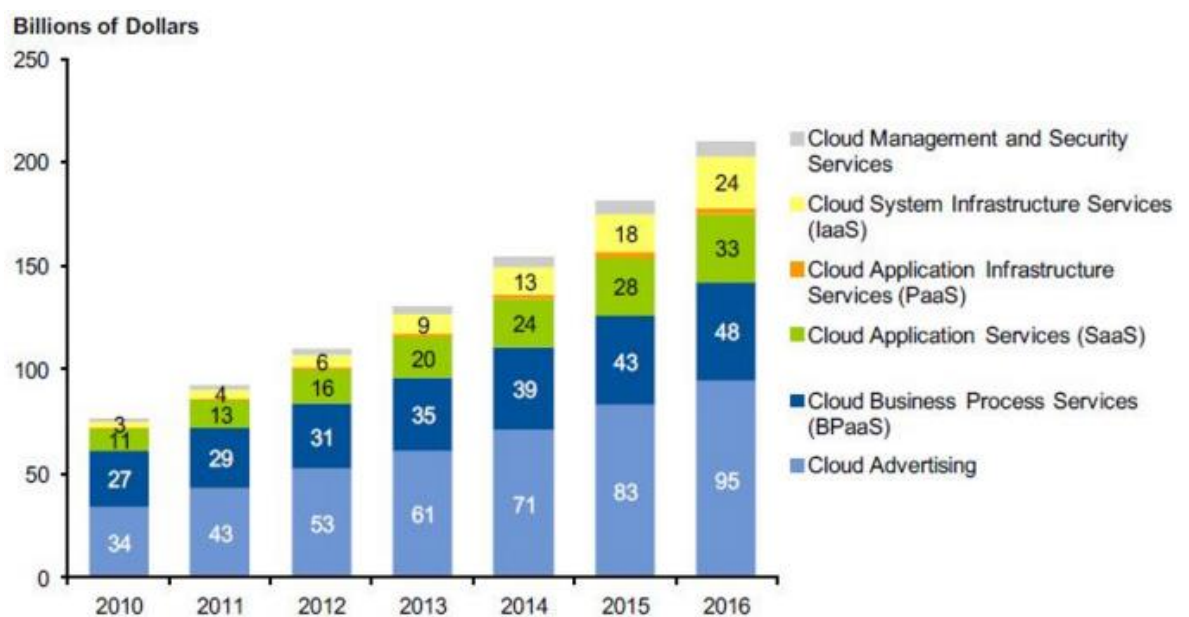
Todennäköisyys pilvipalveluntarjoajan toiminnan loppumiselle on vähäinen. Tilanne voi tulla yllätyksenä, sillä pienempien pörssiin listaamattomien yhtiöiden taloudellinen tilanne ei välttämättä selviä internetistä tai mediasta. Silti riskin vaikutus arvioidaan pieneksi, sillä asiasta tulee asiakkaalle tietoja etukäteen, ja asiakas voi varautua riskiin. (Heino 2010, 95–96.)

Tietoturvalaitteisiin ja -menettelyyn panostettaessa yrityksen pilvikoneistosta saadaan teoriassa niin turvallinen että läpi pääsee vain ruuvimeisselillä. Tietosuojasta puhuttaessa tilanne on toinen, sillä asiaan liittyy negatiivisia mielikuvia, kuten tietojen myyminen, vuotaminen, sekä identiteettivarkaudet. (Heino 2010, 96–98.)

3 PILVIPALVELUNTARJOAJIA

Pilvipalvelut tarjoavat vaihtoehtoisen tavan hankkia IT-palveluita ja tarjoavat useita etuja, kuten lisääntynyttä joustavuutta sekä vähentyneitä kustannuksia. Verrattuna perinteisiin omistettuihin ja isännöityihin palveluihin pilvipalvelut laajentavat IT-palveluiden hankintamallien kirjoa muotoon, jossa palvelut ovat valmiiksi hyödynnettäviä paketteja.

Pilvipalveluiden käytön ja käyttömahdollisuuksien lisääntyessä pilvimarkkinat kasvavat aggressiivista vauhtia. Kuviossa 9 on esitetty julkisten pilvipalveluiden markkinoiden kasvua. Kysynnän kasvaessa myös tarjonnan määrä lisääntyy, mikä näkyy uusien pilvipalveluntarjoajien määrässä pilvimarkkinoilla. Oikean pilvipalveluntarjoajan valitseminen saattaa olla haastavaa organisaatiolle, joka ei ole täysin perehtynyt pilvipalvelumalleihin ja niiden tekniikkaan.



Kuvio 9. Julkisten pilvipalveluiden markkinat 2010–2016 (Forbes 2013).

Tässä luvussa perehdytään kahteen suosittuun pilvipalveluntarjoajaan, Microsoft Azureen ja Amazon Web Serviceen, ja niiden tarjoamiin palveluihin. Tarkoituksena on etsiä molempien palveluntarjoajien palveluista samankaltaisia suosittuja palveluita, ja esittää niiden yleispiirteet ja toimintaperiaatteet.

3.1 Microsoft Azure

Liikevaihdoltaan Microsoft on paljon suurempi kuin muut pilvipalveluntarjoajat. Vuonna 2010 Microsoft julkaisi oman palvelunsa kaupalliseen käyttöön nimellä Windows Azure, mutta myöhemmin vuoden 2014 alussa nimi vaihdettiin Microsoft Azureksi. Yleensä se mielletään PaaS- ja IaaS-tarjoomiin perustuvaksi sovel-lusalueksi. Microsoft Azure on kasvava kokoelma integroituja pilvipalveluita, ku-ten analytiikka-, tietokanta-, mobiili-, verkko- ja tallennuspalveluita sekä verkosto nopeuttamaan toimintaa, saavuttamaan enemmän ja säästämään rahaa. (Salo 2012, 70;Microsoft Azure 2016a.)

Microsoft Azuren palvelun kirjo on monipuolinen ja laaja. Seuraavaksi esitellään Azuren käytetyimmät ja suosituimmat palvelut.

3.1.1 Azure Virtual Machines

Azure Virtual Machines (Azure VM) -palvelun avulla voidaan pystyttää Windows- ja Linux-instansseja eli virtuaalikoneita hetkessä. Se tarjoaa pysyvää ja kestäväää tallennustilaa käytettäväksi virtuaalikoneiden yhteydessä, ja samalla mahdollisuu-den valita palvelun perustana olevan fyysisen tallennustyyppin ja suorituskyvyn määrän. Palvelusta maksetaan vain käytön mukaan, minuuttihintana. Azure VM tukee Microsoft SQL- ja SharePoint-palvelimia, ja sillä voidaan ajaa relaatiotieto-kantoja kuten Oracle, MySQL, Redis ja MongoDB. (Microsoft Azure 2016b.)

Azure Computing Unit (ACU) on Microsoftin käyttämä yksikkö mittaamaan in-stanssien suorituskykyä. ACU on standardoitu pienen virtuaalikoneen (Stan-dard_A1) ollessa 100 yksikköä. (Microsoft Azure 2016d.)

Taulukossa 1 on esitetty Microsoft Azure Virtual Machines -palvelun instanssien ACU-arvot.

Taulukko 1. Microsoft Azuren ACU-lista
(Microsoft Azure 2016c).

Instanssi	ACU
Standard A0	50
Standard A1-4	100
Standard A5-7	100
A8-A11	255 *
D1-14	160
D1-15v2	210–250 *
DS1-14	160
DS1-14v2	210–250*
G1-5	180–240 *
GS1-5	180–240 *

* merkityt ACU:t käyttävät Intel Turbo -teknologiaa kasvattamaan CPU:n taajuutta ja tarjoavat lisääntynyttä suorituskyykyä.

Azure VM -instanssityyppejä on erilaisia, joista käyttäjä voi valita mieleisensä. Instanssien standardikoot koostuvat useista luokista:

- A
- D
- DS
- G
- GS. (Microsoft Azure 2016d.)

Luokat on jaettu vielä koon mukaan ja käytetyn tason mukaan. Esimerkiksi basic-tasossa koot ovat Extra Small – Extra Large (A0 – A4), kun taas standard-tason

koot ulottuvat A0 – A7. Perustason laskentainstanssit A0 – A4 ovat edullinen vaihtoehto työmäärien, testipalvelimien, automaattisen skaalauksen tai tehokkaan muistintarpeen virtuaalikoneiden kehittämiseen. Instanssien hinnoissa on eroavaisuuksia Windows- ja Linux-koneiden välillä. (Microsoft Azure 2016d.)

Taulukko 2. Microsoft Azuren perustason instanssit Windows-virtuaalikoneelle (Microsoft Azure 2016c).

Instanssi	Ydinten määrä	RAM	Levyn koko	Hinta / tunti
A0	1	0,75 GB	20 GB	0,0152€
A1	1	1,75 GB	40 GB	0,0683€
A2	2	3,5 GB	60 GB	0,1366€
A3	4	7 GB	120 GB	0,2732€
A4	8	14 GB	240 GB	0,5465€

Taulukossa 2 on esitetty Microsoft Azure Virtual Machines –palvelun perustason A-luokan instanssien perus ominaisuudet. Standard-tason tasot A0 – A7 tarjoavat enemmän joustavuutta. Ne tukevat kaikkia virtuaalikonekokoonpanoja ja ominaisuuksia. (Microsoft Azure 2016d.)

Taulukko 3. Microsoft Azuren Standard-tason instanssit Windows-virtuaalikoneelle (Microsoft Azure 20160c).

Instanssi	Ydinten määrä	RAM	Levyn koko	Hinta / tunti
A0	1	0,75 GB	20 GB	0,0169€
A1	1	1,75 GB	70 GB	0,0759€
A2	2	3,5 GB	135 GB	0,1518€
A3	4	7 GB	285 GB	0,3036€
A4	8	14 GB	605 GB	0,6072€
A5	2	14 GB	135 GB	0,2867€
A6	4	28 GB	285 GB	0,5734€
A7	8	56 GB	605 GB	1,1469€

Taulukossa 3 on esitetty Microsoft Azuren Virtual Machines –palvelun standard-tason A-luokan instanssien perusominaisuudet. Standard-tason instansseilla on mm. suurempi määrä levytilaa ja kalliimpi tuntihinta. (Microsoft Azure 2016d.)

A-luokan instanssit A8–A11 (taulukko 4) ovat tehokkaan laskennan instansseja. Niiden tärkeimpiä ominaisuuksia ovat tehokas laitteisto, RDMA (Remote Direct Memory Access) kommunikointiyhteys instanssien välillä ja tuki supertietokoneklustereihin. (Microsoft Azure 2016d.)

Taulukko 4. Microsoft Azuren A8–A11-instanssit Windows-virtuaalikoneelle (Microsoft Azure 2016c).

Instanssi	Ydinten määrä	RAM	Levyn koko	Hinta / tunti
A8	8	56 GB	382 GB	1,3096€
A9	16	112 GB	382 GB	2,6184€
A10	8	56 GB	382 GB	1,0474€
A11	16	112 GB	382 GB	2,0948€

D-luokan virtuaalikoneet on varustettu puolijohdelevylä (SSD) ja 60 % nopeammalla prosessoreilla kuin A-luokan tason A1 – A7 instansseilla. D-luokka sopii paremmin sovelluksille, jotka vaativat nopeampaa prosessoria, paremman suorituskyvyn levyiltä ja enemmän tallennustilaa. Windows-käyttöjärjestelmälle pienin D-luokan instanssi D1 tarjoaa 3,5 GB RAM-muistia, levytilaa 50 GB. Hintana on 0,01248 € tunnilta. Suurin D14 tarjoaa 112 GB RAM-muistia ja levytilaa 800 GB. Hintana on 1,8856 € tunnilta. (Microsoft Azure 2016d.)

D-luokasta on kehitetty uudempi sukupolvi Dv2, jonka instansseilla on keskiarvolta 35 % nopeammat prosessorit (Microsoft Azure 2016d).

DS-luokka on uusi versio D-luokasta, joka on suunnattu Premium Storage -palvelun käyttöön. DS- ja D-luokassa on samat hinnoitteluperiaatteet. Jos tarvitaan pysyvää tallennustilaa, tulee käyttää DS-luokan instansseja, ja ostaa tallennustila erikseen Premium Storage -palvelusta. (Microsoft Azure 2016d.)

G-luokka tarjoaa kaksi kertaa enemmän muistia ja neljä kertaa enemmän puolijohdelevytilaa (SSD) kuin D-luokka. Suuren suorituskyvyn, tallennuskapasiteetin ja muistin ansiosta G-luokka sopii täydellisesti vaativimpien sovellusten käyttöön. Windows-käyttöjärjestelmälle pienin G-luokan instanssi G1 tarjoaa 28 GB RAM-muistia ja levytilaa 384 GB. Hintana on 0,6494 € tunnilta. Suurin instanssi G5 tarjoaa 448 GB RAM-muistia ja levytilaa 6144 GB. Hintana on 9,3606 € tunnilta. (Microsoft Azure 2016d.)

Aivan kuten DS- ja D-luokassa, GS-luokka on uusi versio G-luokasta, joka on suunnattu Premium Storage -palvelun käyttöön. DS- ja D-luokassa on samat hinnoitteluperiaatteet. (Microsoft Azure 2016d.)

3.1.2 Azure Blob Storage

Azure Binary Large Object Storage (Blob) on tiedontallennuspalvelu, jossa suuria määriä erimuotoisia datatiedostoja tallennetaan pilveen. Se on yksi neljästä datan tallennukseen tarkoitetusta palvelusta, jotka ovat: Blob Storage, Table Storage, Queue Storage ja File Storage. Blob Storage tarjoaa tallennustilaa tiedostoille, kuten asiakirjoille, mediatiedostoille ja sovelluksen asennustiedostoille. (Microsoft Azure 2016e.)

Yleisimpiä käyttökohteita sen käytölle ovat:

- Kuvien ja asiakirjojen välitys suoraan selaimeen
- Tiedostojen levitys tietyille käyttäjäkunnalle
- Suorien video- ja audiolähetysten jakaminen
- Turvallinen varmuuskopiointi
- Datan tallennus kolmannen osapuolen analysoitavaksi. (Microsoft Azure 2016e.)

Blobit jaetaan "kontteihin" (Container). Konteissa sijaitseville objekteille voidaan määrittää turvamenetelmät. Konttien ja Blobien maksimimäärää ei ole määritelty, mutta maksimitallennuskapasiteetti on määritelty 500 TB per käyttäjätili. (Microsoft Azure 2016e.)

Blob Storage tarjoaa kolmea erityyppistä Blobia:

- Block blobs
- Appendblobs
- Page blobs (levyt). (Microsoft Azure 2016e.)

Block blobs -tallennus on optimoitu suoratoistoon (streaming) ja objektien tallentamiseen pilveen (Microsoft Azure 2016e.).

Appendblobs on optimoitu lisäys operaatiohin. Appendblob voidaan päivittää vain lisäämällä dataa uuden lohkon loppuun. Se sopii lokitiedostojen kirjaukseen, koska uusi data tarvitsee vain lisätä lohkon loppuun. (Microsoft Azure 2016e.)

Page blobs on optimoitu laaS-levyiksi ja tukemaan satunnaisia kirjauksia. Sen levyn koko voi olla jopa 1 TB. Microsoft Azure virtuaalikoneen verkkokiintolevyn laaS levy on VHD -tyypiksi (Virtual Hard Disk) tallennettu Page blob. (Microsoft Azure 2016e.)

Käyttäkseen mitä tahansa Microsoft Azuren tiedontallennuspalvelua tulee käyttäjän luoda Standard storage -käyttäjätili. Jokainen käyttäjätili voi sisältää yhteensä 500 TB tilaa neljästä datan tallennukseen tarkoitettusta palvelusta. Koska palvelu tukee HTTP- ja HTTPS-protokollaa, pääsee tallennettuihin objekteihin käsiksi selaimen kautta. (Microsoft Azure 2016e.)

Blob Storage -palvelun kokonaiskustannukset riippuvat siitä kuinka paljon dataa tallennetaan, tallennustoimen ja datan lähetyksen määrästä ja valituista hajautusvaihtoehdosta. (Microsoft Azure 2016e.)

Hajautusvaihtoehtoja ovat:

- paikallisesti hajautettu (LRS)
- alueellisesti hajautettu (ZRS)
- maantieteellisesti hajautettu (GRS)
- lukuoikeudellinen maantieteellisesti hajautettu (RA-GRS). (Microsoft Azure 2016f.)

LRS tekee useita synkronoituja kopioita yhteen datakeskukseen. Kopioiden määrä on kolme. Se on edullinen paikallinen tallennustila ja sen SLA (Service Level Agreement) -palvelutasosopimus on 99,9 % lukemiselle ja kirjoitukselle. (Microsoft Azure 2016f.)

ZRS tekee kolme kopiota datasta useaan datakeskukseen alueiden välillä. Se on edullinen ja korkeamman säilyvyyden vaihtoehto pelkästään Block blobia varten. Palvelutasosopimukseksi se tarjoaa saman 99,9 % lukemiselle ja kirjoitukselle. (Microsoft Azure 2016f.)

GRS tarjoaa saman kuin LRS, ja lisäksi useita asynkronoituja kopioita toiseen datakeskukseen satojen kilometrien päähän. Sen kaikkien kopioiden määrä on kuusi. Sen käyttö soveltuu suojaamaan suuria datakeskuksia sähkökatkoilta ja katastrofeilta. GRS tarjoaa 99,9 % palvelutasosopimuksen datan lukemiselle ja kirjoitukselle. (Microsoft Azure 2016f.)

RA-GRS on sama kuin GRS, mutta lisänä on lukuoikeus toissijaiseen datakeskukseen. Kopiota se tarjoaa kuusi. Se tarjoaa maksimaalista datan saatavuutta ja kestävyyttä, jopa sähkökatkojen aikana. Palvelutasosopimuksena kirjoitukselle on 99,9 % ja lukemiselle 99,99 %. (Microsoft Azure 2016f.)

Taulukko 5. Microsoft Azuren block blobs -kustannukset
(Microsoft Azure 2016f.).

Tallennustila / kk	LRS	ZRS	GRS	RA-GRS
Ensimmäinen 1 TB	0,0202 €/GB	0,0253 €/GB	0,0405 €/GB	0,0514 €/GB
Seur. 49 TB (1-50 TB)	0,0199 €/GB	0,0249 €/GB	0,0398 €/GB	0,0505 €/GB
Seur. 450 TB (50-500 TB)	0,0196 €/GB	0,0245 €/GB	0,0391 €/GB	0,0497 €/GB
Seur. 500 TB (500-1000 TB)	0,0192 €/GB	0,024 €/GB	0,0385 €/GB	0,0488 €/GB
Seur. 4000 TB (1000-5000 TB)	0,0189 €/GB	0,0236 €/GB	0,0378 €/GB	0,048 €/GB

Taulukossa 5 on esitetty Microsoft Azuren Blob Storage -palvelun block blobs -tyypin kustannukset. Yli 5000 TB ylittävässä tallennustilassa Microsoft pyytää otamaan yhteyttä henkilökohtaisesti. Appendblob on samankaltainen kuin blockblob hinnoittelultaan. Appendblob-kustannuksissa lisäysoperaatioiden määrästä laskutetaan tallennustilan lisäksi. (Microsoft Azure 2016f.)

Taulukko 6. Microsoft Azuren page blobs
(Microsoft Azure 2016f).

Tallennustila / kk	LRS	GRS	RA-GRS
Ensimmäinen 1 TB	0,0422 €/GB	0,0801 €/GB	0,1012 €/GB
Seur. 49 TB (1-50 TB)	0,0422 €/GB	0,0675 €/GB	0,0843 €/GB
Seur. 450 TB (50-500 TB)	0,0422 €/GB	0,059 €/GB	0,0759 €/GB
Seur. 500 TB (500-1000 TB)	0,0422 €/GB	0,0548 €/GB	0,0675 €/GB
Seur. 4000 TB (1000-5000 TB)	0,0379 €/GB	0,0506 €/GB	0,0632 €/GB

Taulukossa 6 on esitelty Microsoft Azuren Blob Storage -palvelun page blobs -tyypin kustannukset. Yli 5000 TB ylittävästä tallennustilasta kustannuksista neuvotellaan sopimuskohtaisesti. (Microsoft Azure 2016f.)

3.1.3 Azure Premium Storage

Azure Premium Storage on korkealuokkainen tallennuspalvelu, joka tarjoaa suurta suoritussykyä vähäisellä latenssilla I/O-intensiivisiin työmääriin virtuaalikoneille. Hyötyäkseen Azure Premium Storage -palvelun nopeammista ja suoritussykyisemmistä levyistä, sovellus voidaan siirtää virtuaalikoneen levyltä Premium Storage -palveluun. Premium Storage -palvelua käyttämällä sovellus voi saavuttaa yhtä virtuaalikonetta kohden 80000 IOPS (Input Output Per Second) yksikköä, levyn suoritustehoa 2000 MB/sekunti ja 64 TB muistia. Se sopii myös yhtenäistä korkeaa suoritussykyä ja alhaista latenssia vaativien erilaisten tietokantojen työmäärien

suoritukseen, kuten SQL Server, Oracle, MongoDB, MySQL ja Redis. (Microsoft Azure 2016g.)

Azure Premium Storage tukee virtuaalikoneita, jotka voidaan liittää DS-, DSv2- tai G2-instanssiluokkiin. Se tarjoaa kolme levyn kokoa, joista voidaan valita: P10 (128 gibitavua, GiB), P20 (512 GiB) ja P30 (1024 GiB). Jokaisella levyllä on omat suoritustehomäärittelyt. Mikäli sovellus vaatii, voidaan näistä levyistä lisätä yksi tai useampi levy DS-, DSv2- tai GS-luokkaan. Kustannuksissa DS-instanssien koot ovat samat kuin D-luokan, ja GS-instanssien koot samat kuin G-sarjan. (Microsoft Azure 2016g.)

Taulukko 7. Microsoft Azuren Page Blob Premium Storage (Microsoft Azure 2016f).

Levy tyyppi	P10	P20	P30
Levyn koko	128 GB	512 GB	1024 GB
Hinta kuukaudessa	18,28 €	67,92 €	125,38€
IOPS määrä	500	2300	5000
Suoritusteho	100 MB / sek.	150MB / sek.	200 MB / sek.

Taulukossa 7 esitellään Microsoft Azuren Page Blob Premium Storage -palvelun ominaisuudet, teho ja hinta. Azure Premium Storage-palvelu tukee tällä hetkellä ainoastaan Azure Page Blob -tallennustyyppiä, jota käytetään pitkäaikaiseen virtuaalikoneiden levyjen säilyttämiseen. (Microsoft Azure 2016g.)

3.1.4 Azure SQL Database

Azure SQL Database on relaatiotietokantapalvelu pilvessä. Sen toiminta perustuu markkinoiden johtavaan Microsoft SQL Server -hallintajärjestelmään ja tehtäväkriittisiin ominaisuuksiin. SQL-tietokanta tarjoaa suoritussykyä, skaalautuvuutta, korkeaa tietoturvaa. Sen tarjoama suoritussyky on ennakoivaa. Skaalauksen aika-

na Azure SQL Database relaatiotietokantapalvelussa ei ilmene käyttökatkoja. (Microsoft Azure 2016h.)

Virtuaalikoneiden ja infrastruktuurin hallitsemisen sijaan Azure SQL Database mahdollistaa sovelluksen nopean kehittämiseen ja vauhdittaa pääsyn markkinoille. Koska sen toiminta perustuu Microsoft SQL Server -hallintajärjestelmään, SQL Database tukee nykyisiä SQL Server -työkaluja, kirjastoja ja ohjelmointirajapintoja. Näiden ansiosta käyttäjän on helpompi siirtyä ja jatkaa pilveen. (Microsoft Azure 2016h.)

SaaS-kehittäjät luovat ja hallinnoivat jopa tuhansia SQL-tietokantoja. Elastic Pools –palvelu yksinkertaistaa tietokantojen luomisen, ylläpidon, ja suorituskyvyn hallinnan tietokantojen välillä budjetin mukaan. (Microsoft Azure 2016h.)

Azure SQL Database -palvelussa on kolme tasoa:

- Basic
- Standard
- Premium. (Microsoft Azure 2016h.)

Basic-taso sopii pienille tietokannoille, jotka tukevat yhtä aktiivista operaatiota kerrallaan. Se sopii esimerkiksi tietokantojen kehittämiseen ja testaukseen, tai pienen mittakaavan harvoin käytettyjen sovellusten käyttöön. Taulukossa 8 on esitetty Microsoft Azuren SQL Database -palvelun basic-taso. (Microsoft Azure 2016h.)

Taulukko 8. Microsoft Azuren SQL Databasen Basic-taso (Microsoft Azure 2016i).

eDTU / Pool	Suurin tallennus- tila / Pool	maks. määrä tietokantoja / Pool	maks. eDTU / tietokanta	Hinta / kk
100	10 GB	200	5	125 €
200	20 GB	400	5	251 €
400	39 GB	400	5	502 €
800	78 GB	400	5	1010 €
1200	117 GB	400	5	1518 €

Standardtaso tukee useita samanaikaisia kyselyitä kerrallaan. Se sopii useille pilvisovelluksille, kuten työryhmille tai internetsovelluksille. Taulukossa 9 on esitetty Microsoft Azuren SQL Database -palvelun Standard-taso. (Microsoft Azure 2016h.)

Taulukko 9. Microsoft Azuren SQL Databasen Standard-taso (Microsoft Azure 2016i).

eDTU / Pool	Suurin tallennus- tila / Pool	maks. määrä tietokantoja / Pool	maks. eDTU / tietokanta	Hinta / kk
100	100 GB	200	100	188 €
200	200 GB	400	100	376 €
400	400 GB	400	100	759 €
800	800 GB	400	100	1518 €
1200	1,2 TB	400	100	2278 €

Premium-taso tukee suuria määriä samanaikaisia käyttäjiä. Se sopii tietokannoille, jotka tukevat toimintakriittisiä sovelluksia. Taulukossa 10 on esitetty Microsoft Azuren SQL Database -palvelun Premium-taso. (Microsoft Azure 2016h.)

Taulukko10. Microsoft Azuren SQL Databasen Premium-taso
(Microsoft Azure 2016i.)

eDTU / Pool	Suurin tallennus- tila / Pool	maks. määrä tietokantoja / Pool	maks. eDTU / tietokanta	Hinta / kk
125	250 GB	50	125	588 €
250	500 GB	50	250	1180 €
500	750 GB	50	500	2353 €
1000	750 GB	50	1000	4706 €
1500	750 GB	50	1000	7058 €

3.1.5 Azure Redis Cache

Azure Redis Cache -palvelu perustuu avoimen lähdekoodin Redis-välimuistiin. Se tarjoaa pääsyn turvalliseen Microsoftin hallinnoimaan Redis välimuistiin, joka tukee kaikkia Microsoft Azuren sovelluksia. Välimuistipalvelu on helppo ottaa käyttöön, ja sen avulla voidaan vähentää tietokantayhteyksien määrä ja nopeuttaa sovelluksien toimintaa. Tällöin ei ole tarvetta konfiguroida välimuistin toimintaan liittyviä resursseja tai arvioida sen tulevaa kapasiteettitarvetta. (Salo 2012, 71; Microsoft Azure 2016j.)

Azure Redis Cache -palvelussa on pieni latenssi, korkea turvallisuus, suuri suorituskyky ja kolme tasoa:

- Basic
- Standard

- Premium. (Microsoft Azure 2016k.)

Basic-taso on yhden solmun (node) välimuisti, jolla ei ole SLA-sopimusta. Se sopii esimerkiksi kehitykseen ja testaukseen ja ei-toimintakriittisille työmäärille. Basic-tason pienin välimuisti C0 tarjoaa välimuistille 250 MB tilaa, 256 työasemayhteyttä. Hintana on 0,0186 € / tunnilta. Suurin C6-muisti tarjoaa välimuistille 53 GB tilaa ja 20000 työasemayhteyttä. Hintana on 0,0784 € / tunnilta. (Microsoft Azure 2016k.)

Standard-taso on replikoitua välimuistia kahdella solmulla, ensisijaisella ja toissijaisella. Se tarjoaa myös 99,9 % SLA-sopimuksen, replikoinnin ja FailOverin sekä Redisen määrittelyn. Standard-tason pienin välimuisti C0 tarjoaa välimuistille 250 MB tilaa, 256 työasemayhteyttä. Hintana on 0,0464 € / tunnilta. Suurin C6-tyyppi tarjoaa välimuistille 53 GB tilaa ja 20000 työasemayhteyttä ja hinnaksi 1,7709 € / tunnilta. (Microsoft Azure 2016k.)

Premium-taso tarjoaa kaikki standard-tason ominaisuudet, ja sen lisäksi nopean suorituskyvyn, katastrofiavun ja parannellun tietoturvan. Lisäominaisuuksia ovat:

- Redis Persistence, joka mahdollistaa pysyvän datan tallentamisen Redis-välimuistiin. Se tarjoaa myös mahdollisuuden ottaa tilannekatsauksia (snapshots) datasta ja palauttaa sen kautta tiedot vian sattuessa.
- Redis Cluster, joka pirstaloi dataa automaattisesti useille välimuistin solmuille Redis-ympäristössä. Sen avulla voidaan luoda suuremman muistin työtaakkoja ja saada parempaa suorituskkyä.
- Azure Virtual Network (VNET), joka tarjoaa paremman suojauksen ja eristyksen Redis-välimuistille, aliverkolle, kulunvalvonnalle ja muille ominaisuuksille. (Microsoft Azure 2016k.)

Premium-tason pienin välimuisti P1 tarjoaa välimuistille 6 GB tilaa ja 7500 työasemayhteyttä. Hintana on 0,468 € / tunti. Suurin P4-tyyppi tarjoaa välimuistille 53 GB tilaa ja 40000 työasemayhteyttä. Hintana on 3,7443 € / tunnilta. (Microsoft Azure 2016k.)

3.1.6 Azure Log Analytics

Azure Log Analytics -palvelu on yksi Microsoft Azuren palveluiden monitorointisovellus. Sen avulla voidaan vaivattomasti kerätä, tallentaa ja analysoida lokitietoja, sekä tutkia ja korjata vaaratilanteita mistä tahansa Windows-palvelimesta, Linux-koneesta, datakeskuksesta tai pilvestä. (Microsoft Azure 2016l.)

Azure Log Analytics -palvelu tarjoaa syvempää näkyvyyttä datakeskuksen kapasiteetista, mahdollisuuden paikantaa kapasiteettipulan, tutkia ”mitä jos” -skenaarioita, tunnistaa liian tukkoiset virtuaalikoneet, ja suunnitella tulevia laskenta- ja tallennuskapasiteettitarpeita. (Microsoft Azure 2016l.)

Azure Log Analytics sisältää kolme käyttötasoa:

- Free
- Standard
- Premium. (Microsoft Azure 2016m.)

Free-taso tarjoaa 500 MB:n edestä analysointia. Dataa säilytetään seitsemän päivän ajan. (Microsoft Azure 2016m.)

Standard-tasossa ei ole rajoitusta analysoinnin määrälle. Se säilyttää dataa yhden kuukauden ajan. Hinta on 1,9396 € / GB. (Microsoft Azure 2016m.)

Premium-tasossa ei myöskään ole rajoitusta analysoinnin määrälle. Se säilyttää dataa yhden vuoden ajan. Hinta on 2,9516 € / GB. (Microsoft Azure 2016m.)

Muita Microsoft Azuren monitorointi-palveluita ovat Microsoft Azure Portal ja Microsoft Azure Application Insight. Portal on keskeinen paikka, jossa voidaan säädellä ja hallita Azure-resursseja. Application Insights on laajennettava analytiikan palvelu, joka monitoroi sovelluksen live-käyttöä. Se auttaa tunnistamaan ja diagnosoimaan suorituskykyongelmia, ja ymmärtämään mitä käyttäjät todella tekevät sovelluksella. Se on suunniteltu kehittäjien käyttöön. Se auttaa parantamaan sovelluksen suorituskykyä ja käytettävyyttä. (Microsoft Azure 2016m; Microsoft Azure 2016o.)

3.1.7 Azure HDInsight

Azure HDInsight on suurien datamäärien analysointiin tarkoitettu pilvipalvelukokonaisuuksratkaisu. Se tarjoaa mahdollisuuden käsitellä tietueetonta dataa esimerkiksi sosiaalisesta mediasta, palvelinlokeista, laitteista ja antureista. Näiden avulla voidaan analysoida uutta tietoa ja kehittää liiketoimintasuunnitelmaa. (Salo 2013, 105; Microsoft Azure 2016p.)

HDInsight perustuu Apachen Hadoop-ohjelmistokehykseen. Ne jakavat melkein identtisen toimintaperiaatteen ja teknologian. Hadoopin lisäksi Azure HDInsight -palveluun on asennettu valmiiksi sen sisarprojekteja:

- MapReduce
- Pig
- Hive
- Hbase
- Storm
- Spark
- R Server. (Microsoft Azure 2016p.)

Hadoop MapReduce on ohjelmistokehys, jonka avulla voidaan hajautetusti suorittaa ohjelmia. Yksinkertaistettuna sen avulla voidaan pilkkoa suuri työmäärä osiin, ja rinnakkais-suorittaa Hadoop-klusterin jäsenien kesken. MapReducessa on kaksi osaa: hajauttaja (mapper) ja yhdistäjä (reducer). Mapper analysoi saapuvan datan suodatin- ja lajitteluoperaatioilla, ja luovuttaa avainarvoja pareittain. Sen jälkeen reducer luo luovutetuista avainarvoista yhteenvedon, josta käy ilmi pienempi, yhdistetty lopputulos analysoitavaksi saapuneesta datasta. (Microsoft Azure 2016p.)

ApachePig on ohjelmistokehitysalusta Hadoop-ohjelmistokehykselle, jonka kielenä toimii PigLatin. Se on vaihtoehto Javalle MapReduce-ratkaisujen luomiseen. (Microsoft Azure 2016p.)

Apache Hive on Hadoop-ohjelmistokehykselle luotu tietovarastointisysteemi, joka mahdollistaa datan yhteenvedon, tiedustelun sekä datan analysoinnin käyttäen HiveQL-kieltä, joka on SQL:n kaltainen kyselykieli. Hive-tietovarastointisysteemiä

voidaan käyttää vuorovaikutteiseen datan tutkimiseen tai luomaan uudelleen-käytettäviä eriä prosessoitavista työmääristä. (Microsoft Azure 2016p.)

Apache Hbase on avoimen lähdekoodin NoSQL-tietokanta, joka on rakennettu Google BigTablen mukaan Hadoop-ohjelmistokehykselle. Se tarjoaa esteettömän pääsyn dataan, ja lujan koostumuksen suurelle määrälle tietueetonta dataa, schemattomaan tietokantaan. (Microsoft Azure 2016p.)

Apache Storm on hajautettu, vikasietoinen, avoimen lähdekoodin laskentajärjestelmä, jonka avulla voidaan käsitellä dataa reaaliajassa Hadoop-ohjelmistokehyksessä. Se tarjoaa myös taattua datan käsittelyä, jossa epäonnistuneesti käsitelty data käsitellään uudestaan. (Microsoft Azure 2016p.)

Apache Spark on avoimen lähdekoodin ohjelmistokehys, joka suorittaa laajamittaista dataa analysoivia sovelluksia. Se tarjoaa korkeasuorituskykyistä tiedustelua suurille tietomäärille. (Microsoft Azure 2016p.)

Microsoft R Server -palvelu on joustava valinta analysoida dataa skaalautuvasti, rakentaa älykkäitä sovelluksia ja löytää arvokkaita oivalluksia organisaatiosta. R Server on luotu toimimaan avoimen lähdekoodin R -kielellä, joten ohjelmakoodeja ei tarvitse muuttaa. (Microsoft Azure 2016p.)

Azure HDInsight sallii asiakkaiden ottaa käyttöön erilaisia klusteri-tyyppejä erityyppisten datojen analysoinniksi. Tällä hetkellä tarjottuja klustereita ovat:

- Hadoop-klustereita kysely- ja analyysityömääriin
- Hbase-klustereita NoSQL-työmääriin
- Storm-klustereita reaaliaikaisten tapahtumien käsittelyyn
- Spark-klustereita vuorovaikutteisiin kyselyihin, reaaliaikaiseen suoratoistoon ja koneoppimistyömääriin
- R Server -palvelua Big Datan tilastolliseen ja ennustettavaan mallinnukseen. (Microsoft Azure 2016q.)

Jokainen klusterityyppi koostuu useista solmuista (nodes). Asiakasta laskutetaan solmujen käytöstä. Laskutus alkaa kun klusteri on luotu, ja laskutus loppuu kun klusteri on poistettu. (Microsoft Azure 2016q.)

HDInsight-palvelua tarjotaan kahtena eri tasona:

- HDInsight Standard
- HDInsight Premium. (Microsoft Azure 2016q.)

Premium-taso on tarjolla vielä ennakkoversiona. Lisäkustannuksia normaalin hinnan lisäksi ennakkoversiolla tulee 0,0169 € / ydin (core) tunnissa, joka on 75 % alennus verrattuna Premium-tason hintaan, kun se julkaistaan yleiseen jakoon. (Microsoft Azure 2016q.)

Standard-tasoon kuuluu:

- Big Data -työmäärät
- Azure-pilvialusta
- Yrityksen valmius. (Microsoft Azure 2016q.)

Big Data -työmäärien työkaluja ovat:

- Hadoop ja avoimen lähdekoodin projektit (Core Hadoop & YARN, Hive&HCatalog, Tez, Pig, Sqoop, Oozie, Zookeeper, Phoenix)
- Pylväsmäinen NoSQL (Hbase)
- Stream-prosessointi (Storm)
- Vuorovaikutteinen prosessointi, reaaliaikainen Stream-prosessointi ja ML (Spark) (Microsoft Azure 2016q.)

Azure-pilvialustan etuja ovat:

- Skaalautuvuus – tarvittaessa helppo lisätä tai vähentää resursseja
- Suuri saatavuus – täysi tiedon päällekkäisyys, redundanssi, ja geo-replikointi
- Palvelutasosopimus – 99,9 % käytettävyyssä takuu
- Helppo provisiointi – Hadoop-klusteri käyttöön muutamassa minuutissa (Spark) (Microsoft Azure 2016q.)

Yrityksen valmius sisältää:

- Hallinnoinnin – klustereiden hallinta, seuraaminen ja vianmääritys
- Hadoop-version päivitykset ja paikkaus – automaattinen päivitys ja paikkaus
- Käyttämättömän datan salaus (Spark). (Microsoft Azure 2016q.)

Premium-taso tarjoaa Standard-tasoon lisänä Big Datan käsittelyyn tilastollisen ennustavan mallinnuksen sekä koneoppimista Microsoft R Serverillä. (Microsoft Azure 2016q.)

Halvin A1-instanssi yhdellä ytimellä, 1,75 GB:n RAM muistilla ja 70 GB:n levynkoolla maksaa Standard-tasona 0,0675 € tunnissa / solmu (node). Premium-tasossa se maksaa 0,0843 € tunnissa / solmu. Kallein A-luokan instanssi A11 16 -ytimellä, 112 GB:n RAM-muistilla 382 GB levynkoolla maksaa Standard-tasona 2,5636 € tunnissa / solmu (node) ja Premium-tasossa 2,8335 € tunnissa / solmu. (Microsoft Azure 2016q.)

3.1.8 Azuren ilmainen kokeilujakso

Microsoft Azure tarjoaa palveluun kirjautuessa ilmaisen kokeilujakson 30 päiväksi, jonka aikana voi käyttää vapaasti kaikkia Microsoft Azuren tarjoamia palveluita 170 € edestä. Mikäli kokeilujakson aikana resursseja käytetään enemmän kuin 170 € edestä, Azure jäädyttää käyttäjätilin siihen saakka, että käyttäjä tilaa palvelun käyttöönsä normaalein ehdoin. Kokeilujakson umpeutuessa käyttäjän tulee tilata palvelu normaalein ehdoin. Mikäli näin ei tapahdu, niin Microsoft poistaa palvelut käytöstä, eikä niitä voida enää käyttää. (Microsoft Azure 2016r.)

3.2 Amazon Web Services

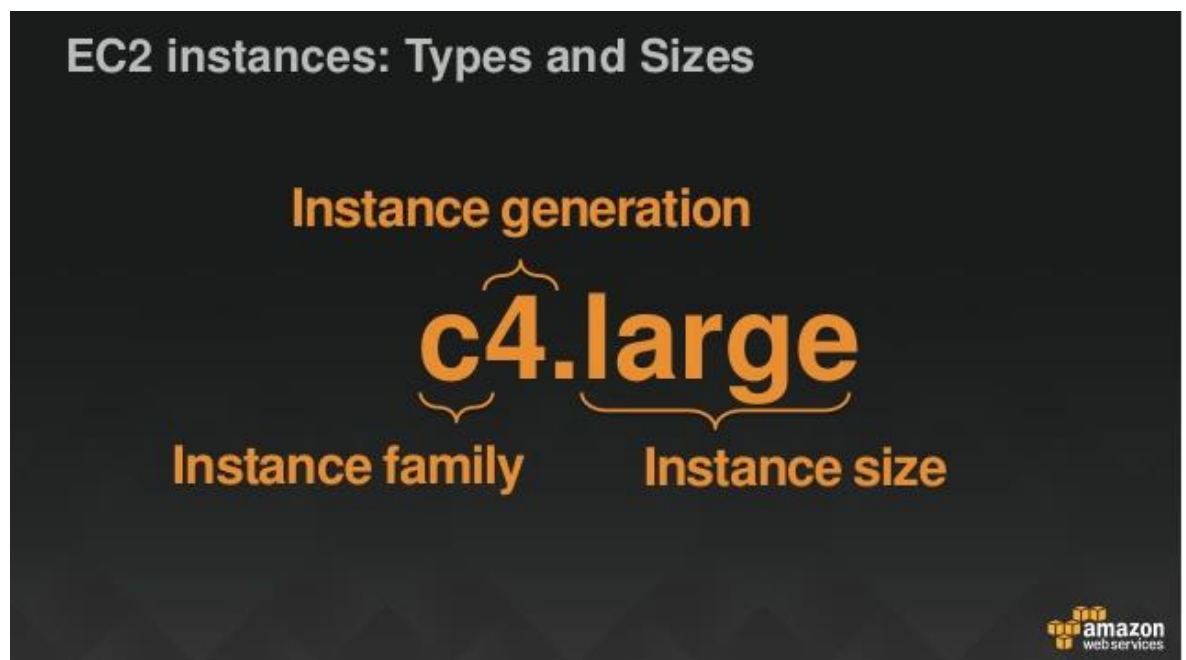
Amazon Web Services on tunnetuin ja käytetyin pilvipalvelu, jonka varassa monet muut pilvipalvelut toimivat. Vuonna 2006 avatusta datan tallentamiseen tarkoitusta S3-palvelusta AWS (Amazon Web Service) on laajentunut monipuoliseksi kokoelmaksi erilaisia palveluita. Palveluntarjoajana se mielletään usein laaS-palveluntarjoajaksi, mutta sen valikoimasta löytyy myös rajatapauksia, kuten Elastic Memcache ja puhdasverinen PaaS-alusta Elastic Beanstalk. Useat tieteelliset listaukset kertovat että AWS:n laaS-palvelut on valittu parhaimmaksi. (Salo 2012, 105–106.)

Monipuolisten sovelluspalveluiden ja Infrastruktuurin tarjoajana AWS-palvelusta löytyy lähestulkoon kaikki, mitä verkkosivujen ja -sovellusten tarjoamiseen tarvitaan. Sen palveluita on mahdotonta sovittaa mihinkään yksityiseen kategoriaan tai rajata vain tietylle kohderyhmälle sopivaksi. Sen palveluita on yksinkertaista käyttää ja ne perustuvat itsepalveluun. (Salo 2012, 106–107.)

Seuraavaksi esitellään Amazon Web Servicen suosituimmat ja tunnetuimmat palvelut.

3.2.1 Elastic Compute Cloud, EC2

EC2-palvelu on eräänlainen tukijalka, jonka ympärille AWS-kokonaisuus monin osin rakentuu. Se tarjoaa käyttöön instansseja eli virtuaalipalvelimia yksinkertaisella tunti-laskutuksella tai pidemmäksi aikaa ennakoon varatuille instansseille alennettua kertamaksua. Kolmas laskutusvaihtoehto on huutokauppamallilla hinnoitellut spotti-instanssit. Niiden hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan perusteella hintaa ja saatavuutta on mahdoton etukäteen arvioida. (Amazon Web Services 2016b; Salo 2012, 107.)



Kuvio10. EC2-instanssityypit
(Amazon Web Services 2016a).

Amazon luokittelee instanssityypit (kuvio 10) luokkiin (Instance family), sukupolveen (Instance generation ja kapasiteetti- ja suorituskyvyn mukaan kokoluokkaan (Instance size) (Amazon Web Services 2016b).

Instanssityypit:

- M1, M3, M4 ja T2 on tarkoitettu yleiseen käyttöön, kuten kehitysympäristöiksi, pienien kävijämäärien internetsivuille tai internetpohjaisille sovelluksille.
- C1, CC2, C3 ja C4 tarjoavat korkeaa suorituskykyä esimerkiksi verkkoservereiksi tai korkean suorituskyvyn insinöörisovellusten ajamiselle.
- M2-, CR1-, R3-instanssityyppien optimoitu muistin käyttöä on tarkoitettu korkean suorituskyvyn tietokannoille, muistianalytiikkaan, suurempien SAP-yritysohjelmistojen käyttöönottoon, Microsoft SharePointille ja muille yrityssovelluksille.
- HS1-, D2-instanssityypit on tarkoitettu tietovarastojen massiiviselle rinnakkaisprosessoinnille (MPP, Massive Parallel Processing), MapReduce ja HaDooop hajautetuille järjestelmille, sekä loki- ja tietojenkäsittelysovelluksille.
- H11-, I2-instanssityyppejä käytetään NoSQL-tietokannoissa kuten Cassandra ja MongoDB, tietovarastointiin, Hadoop- ja klusteritiedostojärjestelmiin.
- CG1, G2 sopivat parhaiten 3D-sovelluksien suoratoistoon, koneoppimiseen ja muihin palvelinpuolen grafiikkaan tai grafiikkasuorittimien laskentatyömääriin.

ECU (Elastic Computing Unit) on Amazonin käyttämä laskentatehoa ilmaiseva yksikkö, joka vastaa 1,0–1,2 GHz:n 2007 Xeon- tai 2007 Opteron -prosessorin laskentatehoa. Pienin nanoinstanssi tarjoaa käyttöön 500 MB muistia ja laskentatehoksi yhden ECU:n. Laskentateholtaan suurin instanssi, C4 High-CPU Eight Extra Large, tarjoaa 132 ECU-yksikköä tehoa ja 60 GB muistia. Suurimman tallennuskapasiteetin ja muistin tarjoaa D2-luokan (Dense Storage Instances) instanssi, D2 Eight Extra Large. Sen tarjoaman muistin koko on 244 GB, tallennuskapasiteetin määrä on 48000 GB ja laskentatehoa se tarjoaa 116 ECU. (Amazon Web Services 2016c; Salo 2012, 107–108.)

3.2.2 Simple Storage Service, S3

AWS:n Simple Storage Service, S3, on datan tallentamiseen edullisesti ja tietoturvallisesti tarkoitettu pilvitallennuspalvelu, joka toimii verkkoselaimen kautta. Data tallennetaan objekteina koreihin (buckets). Yksi objekti voi olla kooltaan yhden tavun ja viiden teratavun väliltä. Koriin voi tallentaa loputtomasti objekteja. Sieltä ne löydetään annettujen uniikkien avainten perusteella. Datan saatavuutta on mahdollista säädellä avoimeksi eli julkiseksi dataksi tai rajoittaa dataa vain tietyille S3-käyttäjille avoimeksi. (Salo 2012, 110.)

S3-palvelun tallennustilat jaetaan luokkiin:

- Standard Redundancy
- Reduced Redundancy
- Standard Redundancy – Infrequent Access
- Amazon Glacier. (Amazon Web Services 2016d.)

Infrequent Access-, Standard- ja Reduced Redundancy -tallennusluokkien ero on palvelutasossa. Standard Redundancy -tietona tallennettulle datalle AWS lupaa 99,90 %:n saatavuuden kuukausitasolla ja 99,99 %:n saatavuuden vuositasolla. Durability eli säilyvyyslupaus on 99,999999999 % eli 0,000000001 % datasta saattaa hävitä vuositasolla. Reduced Redundancy -tietona tallennetulle datalle AWS lupaa saman 99,99 %:n saatavuuden vuositasolla, mutta säilyvyydelle 99,99 %. 0,01 % datasta saattaa hävitä. Infrequent Access (IA) on tarkoitettu datalle jota tarvitaan harvoin, mutta pääsy ko. dataan tapahtuu nopeasti, esimerkiksi varmuuskopioille. IA tarjoaa datan korkeaa säilyvyyttä alhaisella viiveellä ja kustannuksilla. Sille tallennetun objektin säilyvyyslupaus on 99,999999999 %. Saatavuus vuositasolla on 99,9 %. (Amazon Web Services 2016d; Salo 2012, 110.)

Amazon Glacier tarjoaa kestäväää ja varmaa datan arkistointitilaa edullisesti. Se on optimoitu arkistomaan dataa, jota tarvitaan harvoin. Arkiston takaisin hankkiminen saattaa kestää useita tunteja. (Amazon Web Services 2016d.)

Taulukko 11. AWS:n S3 -palvelun hintataulukko Irlannin konesalista (Amazon Web Services 2016d).

	Standard Storage	Standard IA Storage	Glacier Storage
Ensimmäinen 1 TB / kk	0,0300 \$/GB	0,0125 \$/GB	0,007 \$/GB
Seur. 49 TB / kk	0,0295 \$/GB	0,0125 \$/GB	0,007 \$/GB
Seur. 450 TB / kk	0,0290 \$/GB	0,0125 \$/GB	0,007 \$/GB
Seur. 500 TB / kk	0,0285 \$/GB	0,0125 \$/GB	0,007 \$/GB
Seur. 4000 TB / kk	0,0280 \$/GB	0,0125 \$/GB	0,007 \$/GB
yli 5000 TB / kk	0,0275 \$/GB	0,0125 \$/GB	0,007 \$/GB

Taulukossa 11 on esitelty Amazon Web Servicesin S3-palvelun hintataulukko. Standard Infrequent Access -tallennusluokassa tallennettavan objektin vähimmäiskoko on 128 KB. Ellei vähimmäiskoko ylity, ei sen tallennuksesta laskuteta. (Amazon Web Services 2016d.)

3.2.3 Elastic Block Storage, EBS

Amazon Web Services EBS (Elastic Block Storage) on tallennuspalvelu, jota käytetään yhdessä EC2-instanssien kanssa. Dataa säilötään EBS:n tallennuspalikoihin eli volyymeihin. Tallennuspalikoiden data säilyy vaikka siihen sidottu instanssi sammutettaisiinkin. EBS-volyymien koko voi olla 1 GB:n ja 1 TB:n välillä. Yhden EC2-instanssin yhteydessä voidaan käyttää useampaa kuin yhtä volyymia kerralla. (Salo 2012, 113.)

Amazon tarjoaa kolmea EBS-volyymityyppiä: General Purpose (SSD), Provisioned IOPS (SSD) ja Magnetic. Nämä volyymi-tyypit eroavat toisistaan suorituskyvyltään sekä hinnoittelultaan (taulukko 12). Kaikkien kolmen volyymi-tyypin saatavuuslupaus on 99,999 %. (Amazon Web Services 2016e.)

Taulukko 12. Amazonin EBS-palveluiden hinnasto Irlannin konesalista (Amazon Web Services 2016f).

Tyyppi	Hinta kuukaudessa
EBS General Purpose (SSD) volyymi	0,11 \$/GB
EBS Provisioned IOPS (SSD) volyymi	0,138 \$/GB
EBS Magnetic (SSD) volyymi	0,055 \$/GB
EBS Snapshots S3-palveluun	0,095 \$/GB

General Purpose on oletus-EBS-volyymityyppi EC2-instanssille. Se toimii puolijohdeasemalla (SSD). Se soveltuu monenlaiseen työkäyttöön, kuten esimerkiksi keskikokoisiin tietokantoihin ja erilaisien ympäristöjen testaamiseen ja kehittämiseen. (Amazon Web Services 2016e.)

Provisioned IOPS EBS -volyymityyppi toimii myös puolijohdeasemalla, ja ne sopivat käytettäväksi sovelluksiin joissa on intensiivisesti I/O työmäärää, kuten esimerkiksi tietokannoille. (Amazon Web Services 2016e.)

Magnetic EBS eli magneettinen EBS-volyymityyppi tarjoaa alhaisimmat kustannukset gigatavua kohden. Magneetti-aseman johdosta se sopii mainiosti työmäärille, joissa dataa liikkuu harvoin, ja varastointihinta on alhainen. (Amazon Web Services 2016e.)

EBS:n sisältämä Snapshot-lisäpalvelu tarjoaa mahdollisuuden varmuuskopioiden luomiseen. Mahdolliset varmuuskopiot säilytetään palveluntarjoajan tiloissa. Public Data Sets eli julkiset tietokannat ovat toinen EBS:n tarjoama lisäpalvelu. Se mahdollistaa EBS-volyymien luomisen käytettäväksi EC2-instanssien kanssa, esimerkiksi datan analysointiin ja louhimiseen. (Salo 2012, 113; Amazon Web Services 2016e.)

3.2.4 Relational Database Service, RDS

Relational Database Service on vuonna 2010 julkistettu relaatiotietokantapalvelu, jota käytetään selaimen tai ohjelmointirajapinnan kautta. Sen avulla on helppo pystyttää, operoida ja skaalata relaatiotietokanta pilvessä.

RDS tarjoaa myös kuusi tietokantaohjelmaa:

- Amazon Aurora
- Oracle
- Microsoft SQL Server
- PostgreSQL
- MySQL
- MariaDB. (Salo 2012, 113-114; Amazon Web Services 2016g.)

RDS-palvelun käyttö helpottaa replikointia tehostamaan tuotannon työmäärien saatavuutta ja luotettavuutta. Multi AZ (Availability Zone) on hyödyllinen työkalu korkeaa kestävyyttä vaativien kriittisten työtaakkojen suorittamiseen. Tällöin RDS luo instansseista identtiset kopiot useille alueille, jolloin saatavuus on varmistettu hajauttamalla kopiot instansseista eri mantereelle. Multi AZ -lisäpalvelua käytettäessä tuntihinta tuplaantuu. (Salo 2012, 114; Amazon Web Services 2016g.)

Read Replicas -lisäpalvelulla tarjoaa tehokkaampaa suoritustehoa Amazonin MySQL-, PostgreSQL- ja Amazon Aurora -tietokantaohjelmistoille (Amazon Web Services 2016g).

3.2.5 ElasticCache

Vuonna 2011 julkistettu ElasticCache on palvelu, jossa välimuisti on helppokäyttöistä, toimintavarmaa ja kustannustehokasta. Sen avulla voi ottaa välimuistin käyttöön palveluna sen sijaan että avaisi oman EC2-instanssin välimuistipalvelimeksi. (Salo 2012, 115–116.)

ElasticCache-palvelussa puhutaan erikokoisista nodeista, joista pienin tarjoaa muistia 0,555 GB ja yhden ECU:n verran laskentatehoa. Muistiltaan suurin node

tarjoaa muistia 237 GB ja 32 ECU:n verran laskentatehoa. (Salo 2012, 116; Amazon Web Services 2016h.)

3.2.6 CloudWatch

Amazon CloudWatch on AWS:n pilviresurssien ja -ohjelmien monitoroimista varten luotu palvelu. Sen avulla voi monitoroida esimerkiksi instanssien tilaa, järjestelmän viivettä ja suoritustehoa sekä pyyntöjen määrää. (Amazon Web Services 2016i.)

Taulukko 13. CloudWatch-palvelun hinnasto Irlannin konesalista. (Amazon Web Services 2016i).

Palvelu	Hinta kuukaudessa
CloudWatch Dashboards	3,00 \$ / dashboard
Detailed Monitoring for EC2 instances	3,5 \$ / instance
CloudWatch Alarms	0,10 \$ / alarm
CloudWatch Events	1,00 \$ / event

Taulukossa 13 esitetään Amazon Web Services CloudWatch -palvelun ominaisuuksia sekä niiden hinnat. CloudWatch Dashboards sallii käyttäjän luoda kojelau-toja (dashboards), jotka monitoroivat omistettuja AWS-resursseja yhdessä lokaati-ossa. Dashboard-palvelun monitoroima data on metristä dataa, jota säilytetään kahden viikon ajan. Siitä voi seurata resurssienkäyttöä ja historiatietoja jopa mi-nuutilleen. (Amazon Web Services 2016 i.)

Detailed Monitoring -palvelu tarjoaa yksityiskohtaista seuranta Amazon EC2 -instansseille. Se mahdollistaa EC2 AMI (Amazon Machine Image) ID:n ja instans-sityypin yhdistämisen. Kaikki monitorin mittarit saadaan päivittymään minuutin ti-heydellä lisämaksusta. (Amazon Web Services 2016 i.)

CloudWatch Alarms –palvelusta on suuri hyöty seurattavien mittareiden valvonnassa. Se luo huomautuksen tai valitun automaattisen toiminnon, kun valittu mittari ylittää valitun kynnsarvon. (Amazon Web Services 2016 i.)

CloudWatch Events -palvelussa AWS-palveluilta saapuu ilmoitus lähes reaaliajassa mahdollisista sovelluksen saatavuusongelmista ja resurssimuutoksista. Käyttäjä luo itse säännön Events -palveluun, jossa määritellään mitä sovelluksen tapahtumia palvelu valvoo, ja mikä automaattinen toiminto suoritetaan kun sääntö vastaa tapahtumaa. (Amazon Web Services 2016 i.)

3.2.7 Elastic MapReduce

Amazon Elastic MapReduce (Amazon EMR) on massiivisten datamäärien tehokkaaseen analyysiin tarkoitettu verkkopalvelu. EMR vastaa hyvin ajankohtaisen Big Datan tarpeisiin. Se tarjoaa hallitun Hadoop-kehiksen, jonka avulla on helppoa, nopeaa ja kustannustehokasta lajitella ja prosessoida suuria määriä dataa dynaamisesti skaalautuvien Amazon EC2 -instanssien ympärillä. Apache Sparks- ja Presto-kehiksen ajaminen onnistuu Amazon EMR -palvelussa. Samoin datan vuorovaikutus muiden AWS-datavarastojen kanssa, kuten Amazon S3 ja Amazon DynamoDB. (Salo 2012, 116; Amazon Web Services 2016j.)

Amazon Elastic MapReduce -palvelun ideana on, että analysoitava tietomassa jaetaan ns. master-noden toimesta osiin, jotka jaetaan ns. slave-nodeille käsittelyohjeiden mukaan. Slave-nodejen määrää ei ole rajoitettu. Ne on helppo korvata jos ne lopettavat toimintansa, sillä slave-nodet toimivat toisistaan riippumatta. Analyysin ollessa valmis slave-nodet lähettävät tuloksensa yhteenvetoa varten takaisin master-nodelle. (Salo 2012, 116; Amazon Web Services 2016j.)

EMR-palvelu käynnistää konfiguroidun Hadoop-sovelluksen, jonka nodeina ovat AWS EC2 -instanssit ja tallenuskapasiteettina AWS S3 -palvelu. Apache Hadoop on avoimen lähdekoodin Apache-projekti, eli se on maksutta ladattavissa omien palvelimien käyttöön. EMR ei ole ilmainen palvelu, mutta sitä pidetään yhtenä helpoimmista tavoista saada käyttövalmis Hadoop-ympäristö, rajaton määrä tallen-

nustilaa ja valtava määrä laskentakapasiteettia. (Salo 2012, 116; Amazon Web Services 2016j.)

Elastic MapReduce -palvelusta maksetaan vain käytetyistä EC2-instansseista tuntimäärän mukaan, S3-palvelusta käytetyn tallennustilan mukaan ja Elastic MapReduce -palvelusta tuntiperusteisesti instanssien lukumäärän ja laadun mukaan. Halvimmillaan palvelusta laskutetaan 0,011 \$/tunti 94 \$/vuosi, ja kalleimmillaan 0,28 \$/tunti ja 2367 \$/vuosi. (Salo 2012, 116; Amazon Web Services 2016j.)

3.2.8 Amazon Web Servicen ilmainen kokeilujakso

Amazon Web Services tarjoaa ilmaista kokeilujaksoa (FreeTier) yhden vuoden ajaksi. Käyttäjä saa FreeTier-merkillä merkitut palvelut käyttöönsä kuukausittain yhden vuoden ajaksi, täysin ilmaiseksi. (Amazon Web Services 2016k.)

Kuukausittain käytettävien palveluiden käyttörajat ovat palveluittain:

- 750 tuntia käyttöaikaa EC2 t2.micro-instansille, joita ajetaan Windowsilla, Linuxilla, RHEL:lla tai SLES:lla.
- 750 tuntia Elastic LoadBalance -palvelua kuorman tasaukseen ja lisäksi 15 GB datan käsittelyä.
- 5 GB Amazon S3 -tallennustilaa.
- 750 tuntia käyttöaikaa Relational Database Service -palvelun t2.micro-instanssille.
- 25 GB Amazon DynamoDB -tallennustilaa, johon kuuluu 200 miljoonaa kyselyä kuukaudessa.
- 30 GB Elastic Block Storage – tallennustilaa SSD- tai magneettilevyllä yleiskäyttöön, ja lisäksi kaksi miljoonaa iops:a (magneettilevyyn) ja 1 GB tallennustilaa Snapshot palveluun.

Kaikki ilmaisen kokeilujakson tarjoamat palvelut löytyvät AWS palvelusta FreeTier -merkillä merkittynä. (Amazon Web Services 2016k.)

4 VERTAILU JA POHDINTA

Työhön vertailtaviksi valitut julkisten pilvialustojen johtavat yritykset, Microsoft Azure ja Amazon Web Services, tarjoavat erittäin laajan joukon pilvipalvelumahdollisuuksia maailmanlaajuisella kattavuudella. Kilpailu näiden kahden yrityksen välillä on erittäin kova johtavan pilvipalveluntarjoajan tittelistä.

Molemmat palveluntarjoajat tarjoavat monia samankaltaisia pilviominaisuuksia, kuten laskenta-, tallennus- ja tietoverkko-ominaisuudet.

Taulukko 14. Azuren ja AWS:n samankaltaiset pilviominaisuudet

Pilviominaisuus	Microsoft Azure	Amazon Web Services
SaaS-palvelut	Kyllä	Kyllä
IaaS-palvelut	Kyllä	Kyllä
PaaS-palvelut	Kyllä	Kyllä
Pilvilaskenta	Virtual Machines	Elastic Compute Cloud (EC2)
Pilvitallennus	Blob Storage (Blocks, appendblob, page)	Simple Storage Service (S3)
Tietokanta	SQL Database	Relational Database Service (RDS)
Verkko	Virtual Network	Virtual Private Cloud
Sisällön lähetys	CloudFront	Content Delivery Network
Big Data	HDInsight	Elastic MapReduce (EMR)
Arkistointi & varmuuskopiointi	Backup (ohjelma) & Blob Storage (tallennustila)	N/A (ohjelma) & Glacier / S3 (tallennustila)

Molempien palveluntarjoajien tarjoamissa palveluissa on paljon samaa, mutta myös paljon erilaisuuksia. Microsoft Azuren tarjoama pilvilaskenta on keskitetty Azure Virtual Machines -palvelun ympärille. Azure tarjoaa instansseja viidestä eri instanssiperheestä ja yhteensä 33 eri instanssia. Amazon Web Servicen pilvilaskenta keskittyy Elastic Compute Cloud -palvelun ympärille. AWS tarjoaa 39 instanssia seitsemästä eri instanssiperheestä.

Azure laskuttaa instanssien käytöstä yleensä minuuttikohtaisesti ja AWS tuntikohtaisesti.

Taulukko 15. Azuren ja AWS:n samankaltaisten Windows-instanssien vertailu

Instanssin tiedot	Microsoft Azure	Amazon Web Services
Instanssi	A2 (Medium)	M1 Medium
Muistia	3,5 GB	3,75 GB
Ydinten määrä	2	2
Hinta / tunti	0,1366 €	0,1304 €
Hinta / kuukausi	101,63 €	97,01 €

Taulukossa 15 vertaillaan Azuren ja AWS:n instansseja, jotka ovat samaa kokoluokkaa. Kahden eri pilvipalveluntarjoajan instanssien vertailu on haastavaa, koska yksikään instanssi ei ole täysin samoilla suoritustehoilla ja kapasiteettimäärillä varustettu. Valitut instanssit, Azuren A2 ja AWS:n M1 Medium, vastasivat eniten toisiaan arvoiltaan. M1 tarjoaa hieman enemmän muistia, kun taas A2 tarjoaa hieman tehokkaamman prosessorin. Hinnat ovat erittäin kilpailutettuja molempien instanssien kohdalla, eikä hinnoissa ole suurtakaan eroa.

Taulukko 16. Azuren ja AWS:n pienimmät tarjotut Windows-instanssit

Instanssin tiedot	Microsoft Azure	Amazon Web Services
Instanssi	A0 (ExtraSmall)	T2Nano
Muistia	0,75 GB	0,5 GB
Ydinten määrä	1	1
Hinta / tunti	0,0152 €	0,0081 €
Hinta / kuukausi	11,31 €	6,02 €

Taulukossa 16 vertaillaan palveluntarjoajien tarjoamia pienimpiä instansseja. Microsoft Azuren A0 on hieman tehokkaampi prosessoriltaan ja suurempi muistiltaan kuin AWS:n T2 Nano. Molemmat instanssit ovat edullisia vaihtoehtoja esimerkiksi testi- ja kehitysympäristöiksi.

Taulukko 17. Azuren ja AWS:n suurimmat tarjotut Windows-instanssit

Instanssin tiedot	Microsoft Azure	Amazon Web Services
Instanssi	G5	i2.8xLarge
Muistia	448 GB	244 GB
Ydinten määrä	32	32
Hinta / tunti	8,4246 €	6,8173 €
Hinta / kuukausi	6268 €	5072 €

Taulukossa 17 vertaillaan suurimpia palveluntarjoajien tarjoamia instansseja. Microsoft Azuren G5 on sarjansa tehokkain ja suurin instanssi, joka on luotu tarjoa-

maan suorituskyykyoptimoitua laskentaa. AWS:n I2.8xLarge omistaa luokkansa suurimman tallennuskapasiteetin ja tehokkaimman I/O-tehon.

Yleisesti ottaen Microsoft Azure tarjoaa laskentateholtaan hieman tehokkaampia instansseja kuin AWS. Kokonaisuudessaan Amazon Web Services tarjoaa laajemman ja monipuolisemman valikoiman instansseja eri instanssiperheistä.

Molemmat pilvipalveluntarjoajat tarjoavat monipuolista pilvitallennustilaa. Microsoft Azuren Blob Storage -palvelu sisältää kolme erilaista tallennustyyppiä (taulukko 18): Blockblob, appendblob ja Page blob. Block blob on kolmesta tallennustyyppistä vertailukelpoisin. Sitä tarjotaan myös neljänä eri hajautusvaihtona, joista alueellisesti hajautettu vaihtoehto (ZRS) on hyvä ja turvallinen vaihtoehto vertailuun. Amazon Web Service tarjoaa Blob Storage -palvelulle vastineeksi Simple Storage Service -palvelun. AWS S3 jaetaan neljään luokkaan, joista Standard Redundancy sopii parhaiten tähän vertailuun.

Taulukko 18. Azuren ja AWS:n pilvitallennusvertailu

	Microsoft Azure	Amazon Web Services
Tallennustila / kuukausi	Block blob (ZRS)	Standard Storage
Ensimmäinen 1 TB / kk	0,0253 € / GB	0,0263 € / GB
Seur. 49 TB / kk	0,0249 € / GB	0,0258 € / GB
Seur. 450 TB / kk	0,0245 € / GB	0,0254 € / GB
Seur. 500 TB / kk	0,024 € / GB	0,0249 € / GB
Seur. 4000 TB / kk	0,0236 € / GB	0,0245 € / GB
Yli 5000 TB / kk	Ei ilmoitettu	0,0241 € / GB

Vertailussa tulee huomioida tallennustyyppien lisäominaisuudet, jotka vaikuttavat vertailuun valittujen tallennustyyppien hintaan. Azure Block Blob (ZRS) tarjoaa

pientä latenssia ja suurta suoritustehoa. Se tarjoaa 99,9 % saatavuuden datan lukemiselle ja kirjoitukselle. Alueellisesti hajautettu Block Blob tekee 3 kopiota datasta useaan datakeskukseen alueiden välillä. AWS Standard Redundancy tarjoaa objektille 99,999999999 % säilyvyyden ja 99,99 % saatavuuden vuositasolla.

Varmuuskopioinnista huolehtii Azure Backup-ohjelma, jonka avulla varmuuskopionti arkistoidaan Azure Blob Storageen. Amazonissa ei suoranaisesti ilmoiteta varmuuskopioinnin luomiseen tarkoitetusta ohjelmasta, mutta varmuuskopion loakaatioksi sopii AWS S3 -palvelun tallennustyyppi Glacier-storage.

Relaatiotietokantapalveluna Microsoft tarjoaa Azure SQL Databasea ja AWS tarjoaa Relational Database Serviceä (RDS). Näillä palveluilla on merkittäviä eroja. RDS tarjoaa enemmän suoritustehoa ja suuremman valikoiman erilaisia ominaisuuksia. Lisäksi RDS tarjoaa kuusi tuttua tietokantaohjelmaa käyttöön: MySQL, Oracle, Amazon Aurora, Microsoft SQL Server, PostgreSQL ja MariaDB. Azuren SQL Database tarjoaa myös useita ominaisuuksia ja on kustannuksissa halvempi. Tietokantavarastoksi Azure tarjoaa IaaS-palveluna Azure Virtual Machinesin instansseja, ja PaaS-palveluna Azure SQL Database-palvelua. Azure SQL Database sisältää kolme palvelutasoa, jotka ovat Basic, Standard ja Premium. AWS tarjoaa tietokantavarastoksi IaaS-palveluna EC2-palvelun instansseja ja PaaS-palveluna RDS-palvelua.

Verkkoympäristön osalta molemmat palveluntarjoajat omistavat Virtual Private Cloud -palvelun (VPC). Azure Virtual Network tarjoaa yhtä jäsenmaksua kohti 50 kappaletta virtuaaliverkkoja ilmaiseksi. Palvelun sisällä julkisten ja varattujen IP-osoitteiden käytöstä sekä käytetyistä VPN-yhdyskäytävästä laskutetaan erikseen. AWS VPC on samankaltainen palvelu Azuren Virtual Network -palveluun verrattuna. VPC-palvelussa laskutetaan erikseen palvelun sisällä käytetystä VPN-yhdyskäytävästä ajan mukaan.

Taulukko 19. Azuren ja AWS:n VPC-hinnoittelu

	Microsoft Azure	Amazon Web Services
Palvelu	Virtual Network (basic)	VPC
VPN-yhteys / tunti	0,0304 €	0,0438 €
VPN-yhteys / kuukausi	22,61 €	32,58 €

Taulukossa 19 vertaillaan palveluntarjoajien tarjoamien palveluiden VPN-yhteyksien hintoja. Azuren Virtual Network -palvelu tarjoaa Basic-tason lisäksi Standard-tason joka tarjoaa suurempaa reititinnopeutta 119 € kuukausihintaan. High Performance-taso tarjoaa suurinta reititinnopeutta kuukausihintaan 307 €.

Taulukko 20. Palveluntarjoajien tukemat ohjelmointikielet

Ohjelmointikieli	Microsoft Azure	Amazon Web Services
Java	X	X
PHP	X	X
Python	X	X
Ruby	X	X
.NET	X	X
Node.js	X	X
Windows	X	X
iOS	X	X
Android	X	X

AWS ja Azure tukevat molemmat useita eri ohjelmistokieliä (taulukko 20).

Molemmat palveluntarjoajat tarjoavat ilmaista kokeiluaikaa tietyin ehdoin. Azure-palveluun kirjautuessa voi valita ilmaisen kokeilujakson 30 päiväksi, minkä aikana voi käyttää vapaasti kaikkia Microsoft Azuren tarjoamia palveluita 170 € edestä. Amazon tarjoaa myös osaa palveluistaan ilmaisena tasona (FreeTier). Käyttäjä saa FreeTier -merkillä merkityt palvelut käyttöönsä kuukausittain yhden vuoden ajaksi, täysin ilmaiseksi. AWS:n tarjoama ilmaiskokeilu on arvoltaan suurempi kuin Azuren, mutta kokeilujakson palveluiden määrä on vähäinen. Azuren kokeilujakson etuna on kohtuullinen kuukausisaldo, ja mahdollisuus käyttää mitä vain palveluita kunhan asetettu summa ei ylity.

Tutkimuksessa käyttöttestattiin molempia palveluntarjoajia käyttäen ilmaiskokeilujaksoa. Käyttöttestauksessa keskityttiin vertailemaan palveluntarjoajien selainpohjaisia hallintakonsoleita yleisesti. Lopuksi käyttöttestauksessa testattiin molempien palveluntarjoajien kohdalla kevyimmän mahdollisen instanssin luomisen helppous ja siihen kulunut aika.

Amazon Web Servicen hallintakonsoli on tehty visuaalisesti yksinkertaiseksi, vain kaikki oleellinen näkyy käyttäjälle. Palveluiden etsintä on helppoa ja nopeakulkuisia. Omat tiedot ja apu löytyvät aloitussivulta. EC2-instanssi luotiin Windows 12 -palvelimelle. Instanssina toimi pieni t1.micro-instanssi yhdellä ytimellä, 1 GB:n muistilla. Levynä toimi 30 GB:n SSD-levy. Aikaa kului kaiken kaikkiaan 20 minuuttia ja 14 sekuntia instanssin luomisesta käynnistyneeseen instanssiin, johon otettiin onnistunut etäyhteys lopuksi.

Microsoft Azuren hallintakonsoli ei ole yhtä pelkistetty kuin AWS:n, mutta kaikki oleellinen löytyy hetkessä. Palveluiden etsintää helpottaa hakupalkki ja suuret palvelukohtaiset logot. Kojelautaa saa muokattua mieleisekseen helposti kiinnittämällä tai poistamalla tarvittavia ominaisuuksia. Omat asiakastiedot, kuten oman asiakkuuden taso, ja apu löytyvät vaivatta. Azure Virtual Machines -instanssi luotiin Windows 12 -palvelimelle. Instanssina toimi standard-A0-instanssi yhdellä ytimellä, 0,75 Gb:n muistilla. Levynä 20 GB virtuaalilevy. Aikaa kului kaiken kaikkiaan 16 minuuttia ja 43 sekuntia instanssin luomisesta käynnistyneeseen instanssiin, johon otettiin lopuksi onnistunut etäyhteys.

Amazon Web Servicen hallintakonsolista löytyi kaikki tarvittava hieman nopeammin kuin Microsoft Azuren hallintakonsoli. Hetken käytön jälkeen Azuren hallintakonsolin hyödyt ilmenivät, ja sen käytettävyys parani merkittävästi. Azuren hallintakonsoli oli myös muokattavampi, kuin AWS:n mikä edesauttoi parempaa käytettävyyttä. Molempien palveluntarjoajien instanssien luomisprosessi oli melko suoraviivaista, eikä siinä voinut mennä paljoa vikaan. Instanssin luomisen jälkeen omista instansseista näki instanssin toimituksen tilan molempien yrityksien kohdalla. AWS:n EC2-instanssia luodessa määritellään avainpari (keypair), joka ladataan koneelle pem-tiedostona. Instanssin käynnistyttyä palvelulle lähetetään kryptattu avain, jolloin palvelu purkaa avaimen suojauksen ja kirjautumistunnukset näkyvät käyttäjälle. Näillä tunnuksilla kirjaututiin lopuksi virtuaalikoneelle käyttäen etäyhteysohjelmaa. Azuren instanssia luodessa määriteltiin käyttäjätunnukset ja salasana, jolla pääsi lopuksi kirjautumaan virtuaalikoneelle Microsoftin luoman pikakuva-ke-etäyhteyslinkin kautta. Microsoft Azuren Virtual Machines -instanssin luominen ja käynnistys oli hieman nopeampaa kuin Amazon Web Service EC2 -instanssin luominen.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tarkasteltiin pilvipalveluja yleisesti, mitä hyötyjä ja haittoja ne tuovat yritykselle, sekä vertailtiin kahta johtavaa pilvipalveluntarjoajaa, Microsoft Azurea ja Amazon Web Serviceä. Vertailun tarkoituksena oli erottaa miten nämä kaksi pilvipalveluntarjoajaa eroavat toisistaan ominaisuuksiltaan, palveluiltaan ja hinnoittelultaan. Tarkoituksena oli myös antaa hyvä yleiskuva näistä kahdesta pilvimaailman jättiläisestä, ja niiden sopivuudesta yrityksen pilvipalveluratkaisuksi.

Palveluntarjoajien esittelyssä pyrittiin esittämään yleisimpiä ja käytetyimpiä Azuren ja AWS:n samankaltaisia palveluita. Vertailussa molempia pilvipalveluntarjoajia vertailtiin rinnakkain yleisimpien palveluiden, ominaisuuksien ja hinnan osalta. Vertailussa käytettiin apuna paljon taulukoita helpottamaan vertailua. Vertailussa suoritettiin myös lyhyt käyttöttestaus molemmille palveluntarjoajille, missä tarkasteltiin yleisemmin palveluntarjoajan hallintakonsolia ja palveluiden hallitsemista, sekä prosessia virtuaalikoneen luomisesta virtuaalikoneen käynnistykseen.

Yksittäisten palveluiden vertailusta teki haastavaa palveluiden erilaiset yksityiskohdat, esimerkiksi instanssien vertailussa ei kahta täysin samanlaista instanssia löytynyt. Tämä täytyi ottaa huomioon vertailutuloksissa. Vertailutulokseen vaikutti myös se, että kaikkia palvelun ominaisuuksia ei otettu huomioon vertailussa, koska ominaisuuksia oli liian paljon opinnäytetyötä ajatellen.

Vertailussa ilmeni, että taistelu pilvipalvelumaailman johtoasemasta on kova. Useat Amazon Web Servicen ja Microsoft Azuren tarjoamat palvelut ovat erittäin samankaltaisia, sekä ominaisuuksiltaan että hinnoittelultaan. Palveluiltaan Amazon Web Services on laajempi pilvikokonaisuus verattuna Microsoft Azureen, mutta uudempana tulokkaana Azure on saavuttanut Amazon Web Serviceä koko ajan palveluiden määrässä. AWS tarjoaa suurempaa kapasiteettia ja suoritustehoa, kun taas Azure tarjoaa yleisesti hieman halvempia palveluita.

Amazon Web Services tarjosi arvokkaampaa kokeilujaksoa ilmaiseksi huomioon ottaen, että kokeilujakson aika oli yksi vuosi. AWS:n kokeilujakson heikkoutena oli rajoitettu palveluiden määrä. Azuren tarjoaman kokeilujakson heikkoutena oli kokeilujakson käyttöaika, joka oli yksi kuukausi. Etuina Azuren kokeilujaksolle oli ei-

rajoitettu palveluvalikoima ja kohtuullinen määrä budjettia, eli 170 € käytettäväksi kokeilukuukaudelle.

Käyttötestauksen vertailussa Amazon Web Services oli selkeämpi ulkoasultaan ja palveluiden sijoittelussa hallintakonsolissa, mutta Microsoft Azure oli käytettävyydeltään miellyttävämpi. Se oli hieman Amazon Web Serviceä nopeampi luomaan täyden valmiuden virtuaalikoneen.

Johtopäätöksenä voidaan todeta että pilvipalvelut sopivat yritysmaailmaan yrityksen kokoon katsomatta. Pilvipalveluiden hyödyt ovat lukuisat, ja pilvipalvelut jatkavat aggressiivista kehitystään tulevaisuudessa, niiden käytön ja käyttömahdollisuuksien yleistyessä.

Vertailtujen pilvipalveluntarjoajien, Microsoft Azuren ja Amazon Web Servicen, väliltä valitseminen on haastavaa, koska tarjotut palvelut eivät eroa paljoakaan toisistaan. Tietyn palvelun ominaisuus saattaa sopia toiselle yritykselle paremmin kuin toiselle. Yhteen tiettyyn palveluntarjoajaan lukittuminen ei ole suotuisin vaihtoehto. Tässäkin tapauksessa voisi olla järkevää käyttää molempia palveluntarjoajia. Näin voitaisiin valita molempien palveluntarjoajien palveluista yritykselle se oikea vaihtoehto. Samalla tämä kahden palveluntarjoajan kombinaatio voisi parantaa entisestään yrityksen joustavuutta, ja vähentää tai ainakin jakaa mahdollisten riskien määrää.

LÄHTEET

- Amazon Web Services. 2016a. Amazon EC2 instances: Types and Sizes. [Verkkosivusto]. Washington: Amazon. [Viitattu 27.3.2016]. Saatavana: <http://image.slidesharecdn.com/introtoaws-amazonec2andcomputeservices-150709214713-lva1-app6891/95/intro-to-aws-amazon-ec2-and-compute-services-11-638.jpg>
- Amazon Web Services. 2016b. Amazon EC2 Purchasing Options. [Verkkosivusto]. Washington: Amazon. [Viitattu 27.3.2016]. Saatavana: <http://aws.amazon.com/ec2/purchasing-options/>
- Amazon Web Services. 2016c. Amazon EC2 Instance Types. [Verkkosivusto]. Washington: Amazon. [Viitattu 27.3.2016]. Saatavana: <https://aws.amazon.com/ec2/instance-types/>
- Amazon Web Services. 2016d. Amazon S3. [Verkkosivusto]. Washington: Amazon. [Viitattu 27.3.2016]. Saatavana: <https://aws.amazon.com/s3/>
- Amazon Web Services. 2016e. Amazon ebs. [Verkkosivusto]. Washington: Amazon. [Viitattu 29.3.2016]. Saatavana: <https://aws.amazon.com/ebs/details/>
- Amazon Web Services. 2016f. Amazon ebs pricing. [Verkkosivusto]. Washington: Amazon. [Viitattu 29.3.2016]. Saatavana: <http://aws.amazon.com/ebs/pricing/>
- Amazon Web Services. 2016g. Amazon rds. [Verkkosivusto]. Washington: Amazon. [Viitattu 29.3.2016]. Saatavana: <https://aws.amazon.com/rds/>
- Amazon Web Services. 2016h. Amazon elasticcache. [Verkkosivusto]. Washington: Amazon. [Viitattu 29.3.2016]. Saatavana: <https://aws.amazon.com/elasticache/>
- Amazon Web Services. 2016i. Amazon cloudwatch. [Verkkosivusto]. Washington: Amazon. [Viitattu 29.3.2016]. Saatavana: <https://aws.amazon.com/cloudwatch/>
- Amazon Web Services. 2016j. Amazon elastic mapreduce. [Verkkosivusto]. Washington: Amazon. [Viitattu 30.3.2016]. Saatavana: <https://aws.amazon.com/elasticmapreduce/>
- Amazon Web Services. 2016k. Amazon free tier. [Verkkosivusto]. Washington: Amazon. [Viitattu 1.4.2016]. Saatavana: <http://docs.aws.amazon.com/awsaccountbilling/latest/aboutv2/billing-free-tier.html>

- Cio. 2016. Clearing the Cloud Part II. [WWW-dokumentti]. Cio.com. [Viitattu 01.04.2016]. Saatavana: <http://www.cio.com/article/2373019/security0/clearing-the-cloud-part-ii----a-ray-of-sunshine-on-a-cloudy-day----cloud-computing-securi.html>
- Computerweekly. 2010. A history of cloud computing. [Verkkosivu]. Computer-weekly.com. [viitattu 21.02.2016]. Saatavana: <http://www.computerweekly.com/feature/A-history-of-cloud-computing>
- Forbes. 2013. Public cloud services market by segment, 2010-2016. [WWW-dokumentti]. Forbes.com. [viitattu 24.03.2016]. Saatavana: <http://blogs-images.forbes.com/louiscolumbus/files/2013/02/Figure2.jpg>
- Heino, P. 2010. Pilvipalvelut – cloud computing. Hämeenlinna: Talentum Media Oy.
- Microsoft Azure. 2016a. What is Azure. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-azure/>
- Microsoft Azure. 2016b. Introduction to azure. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/articles/fundamentals-introduction-to-azure/>
- Microsoft Azure. 2016c. Virtual machines. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/services/virtual-machines/>
- Microsoft Azure. 2016d. Virtual machines windows sizes. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/articles/virtual-machines-windows-sizes/>
- Microsoft Azure. 2016e. Get started with Azure blob. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/articles/storage-dotnet-how-to-use-blobs/>
- Microsoft Azure. 2016f. Storage pricing. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/details/storage/>
- Microsoft Azure. 2016g. Premium Storage. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/articles/storage-premium-storage/>
- Microsoft Azure. 2016h. SQL Database. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/articles/sql-database-technical-overview/>

- Microsoft Azure. 2016i. SQL Database pricing. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/details/sql-database/>
- Microsoft Azure. 2016j. Cache. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/services/cache/>
- Microsoft Azure. 2016k. Cache pricing. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/details/cache/>
- Microsoft Azure. 2016l. Log Analytics. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/services/log-analytics/>
- Microsoft Azure. 2016m. Log Analytics pricing. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/details/log-analytics/>
- Microsoft Azure. 2016n. Azure Application insight. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/services/application-insights/>
- Microsoft Azure. 2016o. Azure Portal. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/features/azure-portal/>
- Microsoft Azure. 2016p. Azure HDInsight introduction. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 1.4.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/articles/hdinsight-hadoop-introduction/>
- Microsoft Azure. 2016q. Azure HDInsight pricing. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 1.4.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/details/hdinsight/>
- Microsoft Azure. 2016r. Azure Free trial. [Verkkosivusto]. Microsoft Inc. [Viitattu 1.4.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/free-trial-faq/>
- Salo, I. 2010. Cloud Computing – Palvelut verkossa. Jyväskylä: WSOYpro Oy.
- Salo, I. 2012. Cloud Computing – Palvelut verkossa. Jyväskylä: Docendo.
- Salo, I. 2013. Big Data – Tiedon vallankumous. Jyväskylä: Docendo.
- Symantec. 2010. State of the data center global data. [WWW-dokumentti]. Symantec Inc. [Viitattu 13.4.2016]. Saatavana: https://www.symantec.com/about/news/resources/press_kits/detail.jsp?pkid=sdcreport2010

ABC News. 2010. Secret Service Computers Only Work at 60 Percent Capacity. [Verkkosivusto]. New York: ABC News. [Viitattu 14.4.2016]. Saatavana: <http://abcnews.go.com/Politics/us-secret-service-outdated-computer-mainframe-system-1980s/story?id=9945663>

LIITTEET

